DIE NATURWISSENSCHAFTEN

20. Jahrgang | 22. Juli 1932 | Heft 30

Die Konstitution des kolloiden Goldes[1].

Von Wolfgang Pauli, Wien.

I.

1. Die Untersuchungen über die Konstitution des kolloiden Goldes, die den Gegenstand des heutigen Vortrages bilden, erstreckten sich über einen Zeitraum von 12 Jahren, bis sie zu einem wenigstens grundsätzlichen Abschluß gebracht werden konnten. Scheinbar nur einen Sonderfall unter den Kolloiden betreffend, spiegeln sie in Wirklichkeit zugleich die Entwicklung der neueren Anschauungen in der Kolloidchemie in voller Anschaulichkeit wider, und indem sie an einem schönen und klassischen Beispiel, dem Aurum potabile der Alten, den Vorzug einer scharfen Fassung der Erfahrungstatsachen gegenüber der Anwendung üblicher, oft jedoch ungenügend bestimmter Begriffe klar erkennen lassen, wachsen sie über den Einzelfall hinaus zu allgemeinerer Bedeutung.

Wenn ich es unternehmen möchte, nicht allein das schließliche Ergebnis unserer Arbeiten mitzuteilen, sondern zugleich den Werdegang derselben sowie die Schwierigkeiten und Widerstände, die sich ergaben, in ihren Hauptzügen anzudeuten, so darf ich hoffen, damit auch eindringlicher die Unterschiede der Auffassungen und der eingeschlagenen Forschungswege auf sie wirken zu lassen. An diesen Verschiedenheiten hat sich nun auch ein heftiger Streit der Meinungen entzündet. R. Zsigmondy, der bedeutendste Forscher auf dem Gebiete des kolloiden Goldes, dem wir die Herstellung und Standardisierung des Formolgoldsols und das ultramikroskopische Studium desselben, ferner die Untersuchung seines Farbumschlags, die quantitative Auswertung der Schutzkolloidwirkung sowie die Keimmethode zur Herstellung monodisperser Sole verdanken — um nur einige seiner unvergänglichen Leistungen auf diesem Felde hervorzuheben —, wurde zum leidenschaftlichen Bekämpfer der neuen Auffassung. Ich muß es heute, da dieser klassische Forscher nicht mehr unter den Lebenden weilt, als meine selbstverständliche Pflicht betrachten, seinem Standpunkt im höchsten Maße gerecht zu werden und zu zeigen, mit welcher Schärfe des Blickes er immer wieder Schwächen der Versuche oder Lücken der Argumente des Gegners aufzuzeigen vermochte, damit zugleich neue Anstrengungen zur Entkräftung der Einwände auslösend. Der langwierige Verlauf des Meinungskampfes ergab sich notwendig aus den Schwierigkeiten des Objektes, so daß die Beweisführung für den Aufbau des kolloiden Goldes zunächst mehr indirekter Art sein mußte, bis es schließlich gelang, sie durch eine direkte zu ergänzen.

2. Für eine große Zahl jener elektrokratisch (Freundlich) genannten Kolloide, deren Zerteilungsstabilität im Wasser von dem Bestehen einer elektrischen Teilchenladung abhängt, konnte gezeigt werden, daß ihr Bauplan immer der gleiche ist. Ein unlöslicher Kern, der Neutralteil, trägt, an seiner Oberfläche haftend, ionogene Komplexe, deren elektrolytische Dissoziation die Aufladung und damit die Lösungsstabilität der Solteilchen bewirkt. Diese ionogenen Anteile — und das ist ein wesentlicher Punkt unserer Lehre — sind im Werner-Kosselschen Sinne aus einem Zentralion und den Ionen in der Koordinationssphäre aufgebaut, zu denken. Bei den Metalloxydsolen, z. B. des Fe oder Al, würden also das unlösliche Oxyd oder Hydroxyd den Teilchenkern bilden, an dem Reste des Ausgangssalzes, wie wir annehmen müssen Ferryl- oder Aluminiumchlorid, Nitrat usw. hängen, die ionisieren, wobei das positive Metallkomplexion am Teilchen bleibt (2). So entsteht das *vielwertige Kolloidion*, welches von den Anionen Cl, NO_3 usw. als *Gegenionen* in Form einer mehr oder minder dichten Ionenatmosphäre umgeben ist.

Man mußte versuchen, diese Auffassung, die sich auf ältere und neuere Beobachtungen und physikalisch-chemische Analysen verschiedener Hydrosole wie Kieselsäure, Proteine, Seifen, Metalloxyde, Zinnsäure, Sulfide stützen konnte, auf sämtliche Kolloide, insbesondere auch auf die Edelmetallsole auszudehnen. Denn erst im Falle ihrer Gültigkeit auch für diese Gruppe konnte sie den Anspruch einer allgemeinen Theorie des Ladungsursprungs und Bauplans der elektrokratischen Kolloide erheben. In ihrem Sinne mußte das Teilchen eines Goldsols aus einem massiven Goldkern als Neutralteil bestehen, an welchem eine Anzahl ionogener Komplexe das dissoziierende Salz einer Goldsäure angelagert wäre. (Fig. 1.)

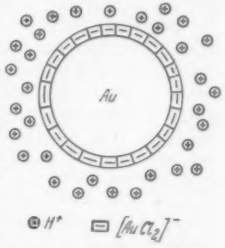


Fig. 1. Goldsolteilchen schematisch.

Bei der Herstellung von Formolgoldsol wird die Goldchlorwasserstoffsäure $[AuCl_4]H$ zunächst durch genügend

[1] Vortrag, gehalten in Wien am 16. Februar 1932 in einer gemeinsamen Sitzung der chemisch-physikalischen Gesellschaft mit dem Gauverein Österreich der Deutschen physikalischen Gesellschaft, der Wiener Mineralogischen Gesellschaft, dem Verein Österreichischer Chemiker, dem Bezirksverein Österreich des Vereins Deutscher Chemiker.

Kaliumkarbonat in $K[Au(OH_4)]$ das Kaliumaurat übergeführt, dessen Reduktion durch Formaldehyd unter Bildung metallischer Goldteilchen erfolgt. Nach ZSIGMONDY wäre die Reduktion eine vollkommene, die Solteilchen würden also aus reinem metallischen Gold bestehen, nach der obigen Anschauung wären daran Reste von Goldsalz angelagert, welche der vollständigen Reduktion entgangen sind und die negative Aufladung und Stabilität der Teilchen bedingen. Die ältere Auffassung wollte im wesentlichen die Aufladung des kolloiden Goldes nach Art einer NERNSTschen Metallelektrode durch die Aussendung von Goldionen in die Lösung erklären. Für diese Vorstellung ZSIGMONDYS sprachen seine frühen Untersuchungen an abgeschiedenen Goldgelen, die sich als aus dem reinen Metall bestehend ohne merklichen Gehalt an Sauerstoff erwiesen hatten.

Das Goldsol ist jedoch von einer außerordentlichen Reaktionsfähigkeit, es ist z. B. schon gegen sehr geringe Mengen von Neutralsalzen stabilitätsempfindlich, flockt bereits mit minimalen Proteinmengen u. dgl. Ein solches Verhalten ist kaum als eine Reaktion mit dem elementaren Edelmetall, dagegen sehr leicht als solche mit den kleinen Mengen von Auratkomplexen der Teilchenoberfläche verständlich, wobei die der Entladung folgende Teilchenaggregation und der zugehörige Farbumschlag in Blau den Effekt grob sinnfällig machen.

3. Man kann zunächst versuchen, den Gehalt an hypothetischen aufladenden Goldkomplexen in einem Formolgoldsol abzuschätzen, um einen Maßstab für die zu ihrem Nachweis erforderliche methodische Empfindlichkeit zu gewinnen. Ein solches Sol mit rund 50 mg Au-Gehalt im Liter ist $2{,}5 \cdot 10^{-4}$ molekular (atomar) an Gold. Lassen wir das *Kolloidäquivalent*, die Zahl der auf eine freie Ladung entfallenden Goldatome, im Bereich unserer sonstigen Erfahrungen also etwa zwischen 100—25 variieren, so entspricht dies einer Normalität aufladender Komplexe bzw. zugehöriger Gegenionen von $2{,}5 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ n.

In dem mit Kaliumkarbonat hergestellten, schwach alkalischen bis neutralen Reduktionsgoldsol kommt nur Kalium als einziges Gegenion der negativen Solteilchen in Betracht, welches in einer Gesamtkonzentration von etwa $1 \cdot 10^{-3}$ n vorliegt, so daß es aussichtslos wäre, daneben den kleinen, zum Sol gehörigen Anteil desselben irgend zu kennzeichnen. Dagegen erwies sich der folgende Weg zur Bestimmung der Gegenionen des Goldsols als gangbar. Eine Reihe negativer Sole können durch die Membranhydrolyse bei der Dialyse oder Elektrodialyse in Azidoide, das sind Sole mit H^+ als Gegenion, übergeführt werden, wobei z. B. ihre ursprünglichen Alkaliionen mit hydrolytisch nachgebildetem OH durch die Membran gehen. Es bestand also die Möglichkeit, daß ein Formolgoldsol im Sinne unserer Auffassung, ähnlich wie etwa ein aus Wasserglas bereitetes Kieselsäuresol, bei der Dialyse zunächst durch Elektrolytabgabe an Leitfähigkeit verliert, die dann nach Passieren eines Minimums infolge hydrolytischen Abtausches der Alkaliionen gegen die 5mal beweglicheren H-Ionen bis zu einem konstanten Wert ansteigen müßte. In der Tat gelang es, in Versuchen mit E. KAUTZKY (3) sowie mit M. SPIEGEL-ADOLF (4) elektrometrisch zunächst im Flockungsfiltrat der dialysierten Formolgoldsole das Auftreten der H-Ionen festzustellen. In sehr sorgfältigen Messungen mit L. FUCHS (5) konnten dann die H-Ionen mittels einer verfeinerten konduktometrischen Titrationsmethode direkt in solchen dialysierten Goldsolen einwandfrei bestimmt werden. Ein Versuchsbeispiel für das allmähliche Auftreten der H-Ionen im Verlauf der Dialyse ist in der folgenden Figur 2a, b, c wiedergegeben.

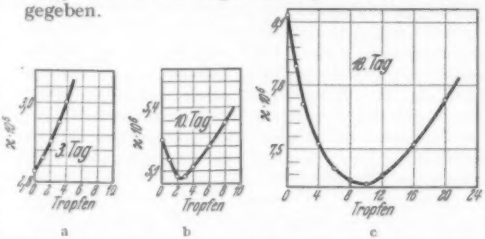


Fig. 2a, b, c. Zunahme der H-Ionen mit fortschreitender Dialyse des Goldsols. (Titration mit Barytlauge am 3., 10., 18. Tag.)

Berücksichtigt man eine Korrektur für den in Vergleichsproben auswertbaren Bruchteil dieser H-Ionen durch CO_2-Aufnahme aus der Luft, so stimmt die Größenordnung $1 \cdot 10^{-5}$ n derselben mit den vorausgegangenen Schätzungen gut überein.

Neben dieses von unserem Standpunkte positive Ergebnis tritt andererseits ein wesentliches, negatives. Stellte man sich die entsprechend großen Mengen von Goldgel aus unseren Solen her, so ergaben sorgfältige Analysen in Versuchen mit E. KAUTZKY an Stelle des erwarteten Sauerstoffs oder Halogens nur die Gegenwart von reinem Goldmetall, also eine einwandfreie Bestätigung der älteren, weniger vollkommenen Erfahrungen ZSIGMONDYS. In diesen Beobachtungen sah er eine Stütze dafür, daß die Teilchen des roten Goldsols lediglich aus dem Edelmetall bestünden und nahm zur Erklärung des Auftretens von H-Ionen bei der Dialyse an, daß die Goldteilchen ihre negative Ladung noch durch Adsorption, insbesondere von Hydroxyl- oder Karbonationen verstärken können[1]. Diese von dem negativen Edelmetall dazu

[1] In ZSIGMONDY-THIESSEN, Das kolloide Gold, 1925, S. 161, heißt es: „Es ist daher durchaus möglich, daß im Dispersionsmittel vorhandene Ionen sich durch Adsorption an die Goldteilchen anlegen können. Zu chemischen Verbindungen werden solche Vorgänge nur führen, wenn Stoffe vorhanden sind, die mit metallischem Gold chemisch zu reagieren vermögen. Sieht man daher von derart *mechanischen, adsorptiven An-*

adsorbierten negativen Ionen sollten den hydrolytischen Austausch der Gegenionen ermöglichen, eine Vorstellung, deren Durchdenken zu den größten Schwierigkeiten führt. Die Gegenseite bekämpfte ZSIGMONDYS Rückschluß vom Gel auf den Aufbau des Sols, war aber zur Erklärung des negativen analytischen Befundes am Goldgel gezwungen, eine Ablösung der aufladenden ionogenen Goldkomplexe infolge Koagulation und Waschung des Goldgels anzunehmen, also eine besondere Zusatzhypothese zu machen. Für diese ließ sich vielleicht noch anführen, daß auch in Analysen mit L. FUCHS in gefälltem kolloiden Golde vom fällenden Ba- oder Al-Ion nichts zu finden war.

Wie die Sachlage noch 1930 von einem namhaften in diesem Streite außenstehenden Forscher beurteilt wurde, zeigt FREUNDLICHS Angabe (6) in der Neuauflage seiner Kapillarchemie (1. Bd.), daß die Oberfläche der Goldteilchen wahrscheinlich rein metallischer Natur sei.

II.

4. Eine völlig befriedigende Entscheidung schien nur auf neuen Wegen erreichbar, und so wandten wir uns dem Studium der mittels Zerstäubung im elektrischen Lichtbogen nach BREDIG hergestellten Goldhydrosole zu. Hier wurde schon im Jahre 1915 von BEANS und EASTLACK (7) die wichtige Beobachtung gemacht, daß in reinstem Wasser kein Goldsol durch elektrische Zerstäubung herstellbar war, wohl aber bei Anwesenheit der Halogensalze der Alkalien (mit Ausnahme von Fluor). Auch mit Sulfat war die Solerzeugung nicht möglich. Die Autoren gaben die folgende, möglichst wörtlich übersetzte Erklärung des Ioneneffektes: „Es wird die Formation eines kolloidalen Komplexes zwischen dem in der hohen Temperatur, welche vom Lichtbogen produziert wird, höchst zerteilten Metall und gewissen, in dem Medium anwesenden Ionen angenommen. Diese Ionen können als Kondensationszentren dienen, ähnlich der Kondensation von übersättigtem Wasserdampf auf Gasionen. In einem reinen Medium oder einem solchen, welches kein stabilisierendes Ion enthält, findet die Dispersion wohl statt, aber infolge des Mangels an Kondensationszentren erfolgt die Kondensation an wenigen Punkten, und die Partikeln sind infolgedessen größer. Sie fallen demgemäß sehr rasch aus wie bei einer gewöhnlichen Suspension."

Diese Erklärung hat also mit der Annahme ionogener WERNERscher Komplexe nichts gemein. Sie deckt sich mit einer älteren Vorstellung von MALFITANO über die Einlagerung der Ionen in Kolloiden.

Auf dem Boden unserer Auffassung war anzunehmen, daß die thermomechanische Zerstäubung im Lichtbogen zur Solbildung nicht genügen kann, es mußte noch die *Elektrolyse* hinzukommen, die an den gebildeten feinsten Edelmetallteilchen die für die Aufladung nötigen Verbindungen schafft. Dann konnten aber nur mit dem Gold chemisch reagierende elektrolytisch gebildete Elemente oder Gruppen Sole liefern. Das ist wohl bei Cl, Br, J, nicht aber bei SO_4 der Fall. Wir haben nun zunächst mit F. EIRICH (8) die Befunde der amerikanischen Autoren bestätigt und auf andere Anionen, wie NO_3, S_2O_3, ausgedehnt, welche, wie erwartet, keine Solbildung ermöglichten.

Man darf sich weiter den Solbildungsprozeß bei der Elektrodispersion in 2 Stufen vor sich gehend denken. Das elektrolytisch abgeschiedene Halogen, z. B. Chlor, reagiert an dem feinzerteilten Metall unter Bildung eines Goldchlorids. Dieses ergänzt sich mit der vorhandenen Salzsäure zum ionogenen Komplex, etwa wie $AuCl_3 + HCl = [AuCl_4]^- \cdot H^+$.

Geht man, bei konstanter Zerstäubungsdauer, mit der Salzsäure immer näher an den niedersten Gehalt, der noch Solbildung ermöglicht, so kann man feststellen, daß die Sole immer violettstichiger und trüber ausfallen. In diesem Stadium können sie regelmäßig durch nachträglichen Zusatz von weiterer HCl hochrot und stabil gemacht werden. Der nach der Elektrolyse verbliebene HCl-Gehalt hatte hier nicht mehr zur Vervollständigung der ionogenen Komplexe ausgereicht. Zerstäubt man bei gleichem HCl-Gehalt länger oder vermindert man bei gleicher Zerstäubungsdauer die Salzsäure, dann reicht das Cl nicht einmal zur genügenden elektrolytischen Erzeugung der neutralen Goldverbindung aus, und der Stabilisierungseffekt durch nachträglichen HCl-Zusatz bleibt völlig aus. Trifft man den Zeitpunkt richtig, dann kann man in diesem Stadium noch durch Zugabe von Chlorwasser + HCl einen gewissen Erfolg haben, indem also eine geringe Nachbildung der fehlenden Komplexe möglich ist.

Ich kann hier aus den großen Versuchsreihen, die wir mit F. EIRICH angestellt haben, nur summarisch die wichtigsten Ergebnisse anführen:

a) Es gelingt mittels des nachträglichen Zusatzes die verschiedenen Anionen auf ihre Eignung zur zeitlichen Solstabilisierung zu prüfen. Nur die Komplexbildner bei der Solerzeugung wie Cl, Br, OH, nicht aber SO_4, NO_3, S_2O_3 sind dazu geeignet. Von einer allgemeinen Adsorptionsfähigkeit negativer Ionen kann somit keine Rede sein.

b) Nachträgliche Zugabe von komplexem Aurat wie $[AuCl_4]H$ wirkt auch nicht andeutungsweise solstabilisierend, nur gegenteilig: Die direkte chemische Reaktion am Metall kann demnach nicht durch eine etwaige sekundäre adsorptive Aufnahme von Aurationen substituiert werden.

c) Das kolloide Gold zeigt, je nach den aufbauenden Komplexen, spezifische Reaktionen.

Nur zu dem letzten Punkt sollen hier einige nähere Ausführungen gebracht werden.

5. Zerstäubt man in HCl, dann könnten nur reine *Chlorogoldkomplexe* entstehen, in reinster

lagerungen ab, so kann man auf Grund der mitgeteilten Untersuchungen feststellen, daß *das Material der Teilchen in hochroten, ausreduzierten Formolgoldhydrosolen elementares Gold ist.*

Alkalilauge dagegen nur *Hydroxokomplexe*, etwa analog gebaut — wenn auch, wie wir noch sehen werden, nicht identisch —, einerseits der Goldchlorwasserstoffsäure $(AuCl_4)^- \cdot H^+$, andererseits dem K-Aurat $[Au(OH)_4]^- \cdot K^+$.

Es zeigte sich nun, daß die Chlorogoldsole gegen Kochen oder CO_2-Einleitung völlig unempfindlich sind, während die Hydroxogoldsole unter den gleichen Umständen regelmäßig in Blau umschlagen und ausflocken. Schon die Versuche mit nachträglichem Stabilisierungszusatz hatten erkennen lassen, daß die Chlorokomplexe leichter und rascher gebildet werden, während der Eintritt der Hydroxogruppe erst bei merklich höherem Laugenzusatz und verzögert erfolgt. In der Tat dürfen wir annehmen, daß auch die nichtlösungsstabile schwächere Goldhydroxosäure leichter der Hydrolyse unterliegende Salze liefern wird. Diese Hydrolyse wird durch die Hitze oder schon durch Kohlensäurezusatz befördert, wobei in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung an Metallhydroxyden, in der Hitze stabilere, aber nicht mehr komplexbildungsfähige Anhydroformen von Goldoxyden entstehen könnten. Zugleich ergaben diese und zahlreiche dazugehörige Beobachtungen, daß die *Bicarbonat- und Carbonationen keine Komplexbildner* am Goldsol darstellen. Erwartungsgemäß hebt ein Überschuß an Lauge infolge Zurückdrängung der Komplexhydrolyse die Kochunbeständigkeit der Hydroxogoldsole vollständig auf, kann aber die Flockbarkeit durch Kohlensäure nicht aufheben. Genügender Chloridzusatz zum Hydroxosol stellt durch Überführung desselben in ein Chlorogoldsol auch die völlige Stabilität des letzteren sowohl gegen Kochen als auch gegen CO_2 her.

Die *größere Beständigkeit der Chloro-, verglichen mit Hydroxokomplexen* offenbart sich auch darin, daß ein reines Hydroxosol, in $1 \cdot 10^{-3}$n Lauge bereitet, schon von $2-4 \cdot 10^{-5}$n $BaCl_2$ geflockt wird, während durch vorherige Umwandlung in Chlorosol mittels $2 \cdot 10^{-3}$n HCl, trotz des gesteigerten Elektrolytgehalts, der Schwellenwert für $BaCl_2$ sich um eine Größenordnung bis $2 \cdot 10^{-4}$n erhöht. Ein anderes hierhergehöriges Beispiel ist, daß der Schwellenwert der Flockung für Salzsäure mehr als 2mal so hoch ist wie für Salpetersäure, da bei der letzteren der die Komplexbeständigkeit erhöhende Effekt des Halogenions wegfällt. Alle diese Reaktionsunterschiede der Chloro- und Hydroxosole sind unvereinbar mit der rein metallischen Natur der kolloiden Goldteilchen.

Wir wollen weiter einige *reversible Temperatureffekte* an Goldsolen betrachten. Kochbeständige, in niedrigen HCl-Konzentrationen hergestellte Chlorogoldsole, mit $1 \cdot 10^{-4}$n $BaCl_2$ versetzt, werden nach 2stündigem Stehen infolge der zunehmenden Inaktivierung der Ba-Ionen und anschließenden Sekundäraggregation violett und blaustichig. In diesem Stadium tritt beim Erhitzen Umschlag gegen Rot ein, der beim Abkühlen allmählich wieder gegen Violett zurückgeht. Dieser reversible Temperatureinfluß dürfte wohl mit der Auflockerung der Gegenionenatmosphäre und der Trennung der aggregierten Teilchen durch die gesteigerte Wärmebewegung zusammenhängen.

Einen entgegengesetzten Temperatureffekt — Umschlag gegen Blau beim Erwärmen und Rückkehr zu Rot beim Abkühlen — geben Goldsole mit *Mischkomplexen*, für deren auch sonst bemerkenswertes Verhalten wir hier nur einige Beispiele aus den zahlreichen Versuchen mit F. EIRICH anführen wollen.

Zerstäuben wir etwa in Alkalichlorid oder in Mischungen desselben mit Lauge, so wird das elektrolytische Cl die Bildung von Chlorgoldverbindungen vermitteln, welche sich mit der kathodischen Lauge zu Hydroxo-Misch-Komplexen ergänzen werden. Chlorohydroxogoldsalze sind bereits von WERNER angegeben worden. Solche Chlorohydroxogoldsole können auch mit Ba oder Mg als Gegenion durch Zerstäuben in $BaCl_2$ oder $MgCl_2$ hergestellt werden. Beim Erwärmen gehen dieselben durch Violett und flocken nach 1 Minute Kochen aus. Kühlt man sie noch im violetten Zustand schnell ab, so werden sie allmählich wieder dunkelrot. Die Erscheinung hängt mit der leichten hydrolytischen Abspaltbarkeit der Hydroxogruppe in der Wärme zusammen, während der Chloroanteil am Golde noch unverändert bleibt, so daß er sich beim Abkühlen wieder zum aufladenden Komplex ergänzen kann. Beseitigt man den Hydroxoanteil des Komplexes durch Zusatz kleiner Mengen irgendeiner Säure, so wird er, zumal beim Erwärmen, rasch durch das für diesen Fall in genügender Menge anwesende Cl ersetzt, und der Umschlag gegen Blau beim Erwärmen bleibt definitiv aus. Nicht nur Salz-, sondern auch Salpeter- und Schwefelsäure, bemerkenswerterweise aber auch CO_2, zeigen diese Wirkung, die beim Erwärmen solcher Mischsole im Sinne einer Rotfärbung und Solstabilisierung jedoch nur bei Anwesenheit von Cl erfolgt. Zahlreiche Versuche haben gelehrt, daß hier die Umwandlung der weniger stabilen Mischkomplexe in reine Chlorokomplexe den eigentlichen Grundvorgang darstellt.

Wir müssen uns hier mit der Wiedergabe einiger Beispiele dieser systematisch aufgesuchten neuartigen Reaktionen an Goldsolen begnügen, welche von dem mit dem Gold verbundenen Anion spezifisch abhängig erscheinen und der älteren Auffassung der Goldsolkonstitution die größten Schwierigkeiten bereiten müßten. In der Darlegung dieser Reaktionen mußten wir vorwegnehmend von der Theorie der ionogenen aufladenden Komplexe Gebrauch machen, weil es ohne dieselbe kaum möglich erscheint, einen verwirrenden oder widerspruchsvollen Eindruck zu vermeiden. Der Zweifler wird jedoch auch hier den Einwand erheben können, daß es sich nur um einen indirekten Rückschluß auf die Existenz dieser aufladenden Komplexe an den Solteilchen handelt. Im folgenden

wollen wir uns nun dem direkten Nachweis der am kolloiden Gold haftenden ionisierenden Goldverbindungen nach Versuchen mit ED. RUSSER zuwenden.

III.

6. Die Lösung dieser Aufgabe war nur durch ausreichende Konzentrierung der Goldsole bei weitgehender Befreiung derselben von den begleitenden Elektrolyten zu erwarten. Die besten Bedingungen boten dafür die in den Halogensäuren, insbesondere HCl, bereiteten Zerstäubungssole. Versuche einer Elektrodialyse derselben bei mittleren Spannungen führten zu brauchbaren, wenn auch infolge der nötigen ständigen Leitfähigkeitskontrolle müheseligen Ergebnissen. Die Möglichkeit einer gleichzeitigen Reinigung und Konzentrierung ergab sich jedoch erst im Anschluß an die Beobachtung, daß schon bei sehr niederen Spannungen am Goldsol das uns seit langem vertraute Schichtungsphänomen auftritt, dessen vollständiges Verständnis wir einer Untersuchung von F. BLANK und E. VALKÓ (9) verdanken. Es handelt sich dabei um einen elektrophoretischen Effekt, der in unserem Falle so zustande kommt, daß im elektrischen Strome die Goldsolteilchen zur anodischen Membran eines Elektrodialyseapparates wandern und dort infolge der Konzentrierung und der Abnahme der freien Ladung zu Boden sinken, während an der kathodischen Membran die solfreie, spezifisch leichtere Schicht emporsteigt und sich auf der Oberfläche ausbreitet. Schon nach 12 Stunden liegt das Goldsol hochkonzentriert am Boden der Mittelzelle. Man braucht nur den Strom zu unterbrechen, die obere kolloidfreie Flüssigkeit abzuziehen, durch Leitfähigkeitswasser zu ersetzen, zu mischen und kann sehr rasch unter nach Bedarf wiederholter elektrischer Schichtung zu hochgereinigten und außerordentlich konzentrierten stabilen Goldsolen, z. B. bis 6 g im Liter, gelangen. Dieses Vorgehen könnte man treffend als *Elektrodekantierung* bezeichnen. Die Elektrodekantierung dürfte nach unseren auf die verschiedensten Kolloide ausgedehnten Erfahrungen als schonendes und sehr wirksames Verfahren zur Darstellung reinster Kolloide noch große Bedeutung gewinnen. Auch die Eigenschaften der dabei verwendeten negativen Membranen sind von Wichtigkeit. Elektrosmotische Gegenströmungen einerseits, Ionenstauung mit zu starker Säuerung an der anodischen Membran andererseits müssen vermieden werden. Wir bedienen uns erforderlichenfalls sehr dünner, kollodiumgetränkter Naturseidenmembranen, die noch negativ sind, aber infolge der wie bei allen Eiweißkörpern durch Säure eintretenden Positivierung des Seidenfibroins auch genügend positive Stellen enthalten, um die Cl-Ionen leicht durchzulassen.

Eine Reihe von mit ED. RUSSER (10) ausgeführten Versuchen zeigte zunächst, daß man in der Überzahl der Fälle schon bei einfacher elektrischer Schichtung der Sole durch Subtraktion der Werte in der oberen und unteren Schicht mittels Leitfähigkeitsbestimmung und konduktometrischer H^+-Titration zu einer gewissen Charakterisierung der Sole selbst gelangen kann und daß die Ergebnisse der beiden Methoden unter der mit älteren direkten Erfahrungen über die Beweglichkeit der Kolloidionen im Einklang stehenden Annahme einer Äquivalentleitfähigkeit des Kolloidions 20—40 r. O. in Übereinstimmung stehen. Wesentlich dafür ist jedenfalls auch der Umstand, daß wir uns hier in Konzentrationen von höchstens 10^{-4}n der Gegenionen bewegen, in welchen das Verhältnis von Leitfähigkeits- und Aktivitätskoeffizienten sehr nahe 1 gesetzt werden kann. Die auf das Sol allein entfallende Leitfähigkeit bewegt sich in der Regel in der Größenordnung 10^{-5} r. O., kann aber noch den Wert $1 \cdot 10^{-4}$ r. O. etwas überschreiten.

Es gelingt nun mittels wiederholten Ausfrierens auch die reinen Goldsole ohne jeden Zu-

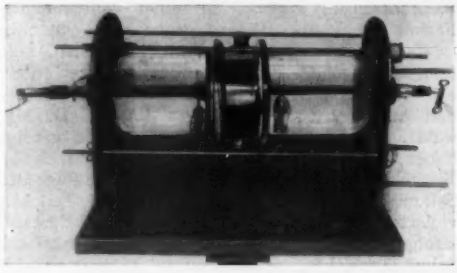


Fig. 3. Elektrodekantierung des Goldsols. (Bis zum unteren Drittel der Mittelzelle.)

satz zur Koagulation zu bringen. Die vom abgeschiedenen schwarzblauen Goldgel abgetrennte wasserklare Flüssigkeit läßt schon an einem *beträchtlichen Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit* und der *Vermehrung der titrierbaren H-Ionen* erkennen, daß die Goldkoagulation mit einer starken Abgabe von Elektrolyten einhergegangen ist. Bevor wir jedoch auf die Art der letzteren näher eingehen, empfiehlt es sich zunächst, kurz den Vorgang bei der Gefrierkoagulation zu betrachten.

7. Durch das allmähliche vollständige Ausfrieren eines Sols muß infolge der Abscheidung des reinen Lösungsmittels als Eis eine außerordentliche Konzentrierung des Sols eintreten, wie man dies auch unmittelbar im Kern des Eisblockes wahrnehmen kann. Die Konzentrierung irgendeines reinen, d. h. praktisch nur aus Kolloidionen und dieselben umgebenden Gegenionen bestehenden Sols wirkt nun nach allen Erfahrungen grundsätzlich nicht anders als bei irgendeinem — zumal höherwertigen starken Elektrolyten —, nämlich unter Abnahme des Aktivitätskoeffizienten des Gegenions, Sinken der Äquivalentleitfähigkeit, Abnahme der freien Ladung des Kolloidions infolge der gesteigerten Inaktivierung und Anlagerung

seiner Gegenionen. Im umgekehrten Sinne wird die Verdünnung eines konzentrierten Sols wirken. Solche Versuche sind nicht immer leicht zu realisieren, weil auf gewisse, mit der Konzentrationsänderung einhergehende Nebenreaktionen genau geachtet werden muß. Einwandfreie Beobachtungen dieser Art liegen von PAULI und SCHMIDT (11) an sehr reinen, mit der Verdünnung fortlaufend physikalisch-chemisch charakterisierten positiven Al-Oxydsolen mit Chlorionen als Gegenionen vor. In solchen wuchs mit der Verdünnung von 1 auf das 256fache die Äquivalentleitfähigkeit von 54 auf 105, der Aktivitätskoeffizient des Cl von 0,387 auf 0,767. VALKO (12) wies mit WEINGARTEN an einem ähnlichen Sol den Anstieg der freien Ladung bei Verdünnung mittels der nach HITTORFS Überführungsmethode gemessenen Zunahme der Kolloidionenbeweglichkeit im elektrischen Felde nach.

Beim Goldsol läßt sich die Inaktivierung mittels Konzentrierung zugleich an einer zunehmenden Farbänderung über Violett gegen Blau schon in mäßigen Konzentrationen deutlich machen, falls man als Gegenion ein infolge der stärkeren interionischen Wechselwirkung stärker inaktiviertes und angelagertes zweiwertiges Ion, z. B. Mg, wählt. Man kann, wie wir mit EIRICH gezeigt haben, bei passender Zerstäubungszeit und $MgCl_2$-Konzentration Goldsole herstellen, die infolge der Sekundäraggregation der inaktivierten Teilchen violettstichig bis blau sind, aber in diesem Zustand infolge eines noch zureichenden Ladungsrestes der Sekundärteilchen selbst durch Monate stabil bleiben. Diese Sole schlagen in der ersten Zeit *bei Verdünnung* auf die Hälfte in Hochrot um, entsprechend einer Zunahme der freien Ladung, welche die noch reversibel haftenden Teilchen der Aggregate auseinanderdrängt.

Im Sinne aller dieser Erfahrungen handelt es sich bei der Gefrierkoagulation um einen bei genügender Einwirkung *irreversiblen Einengungseffekt* am reinen Sol, wie man ihn auch an diesem durch Eintrocknen im Vakuum erzielen kann.

8. Der mit der Gefrierflockung einhergehende beträchtliche Anstieg der Leitfähigkeit und der titrierbaren H-Ionen kann bei vollkommen gereinigten Chlorogoldsolen das Dreifache des Ausgangswertes und selbst etwas darüber erreichen. Eine Zunahme der elektrometrisch meßbaren Cl-Aktivität beim Ausfrieren von in KCl zerstäubten, nicht gereinigten Goldsolen war 1925 von SHEAR (13) festgestellt worden, aber wiederholte Versuche, in der über Solpräzipitaten stehenden Flüssigkeit Auro- oder Auriionen nachzuweisen, waren zugleich fehlgeschlagen. So konnten die gewiß sehr beachtenswerten Befunde SHEARS keinerlei Entscheidung zwischen der Komplex- und der Anionenadsorptionstheorie herbeiführen, ja sie hätten nicht ohne anscheinende Berechtigung entschieden zugunsten der letzteren ins Treffen geführt werden können.

An unseren Halogenosolen fand sich eine zeitlich noch fortschreitende Freisetzung von Elektrolyten nach dem Ausfrieren, die in Prozenten der Leitfähigkeit im Laufe von 8 Tagen bis zu 16% des ersten Wertes der Gefrierflüssigkeit erreichen kann, wie die folgende Figur 4 erkennen läßt. Diese Gefriersole wurden deshalb stets nach entsprechender Ablagerung weiter untersucht.

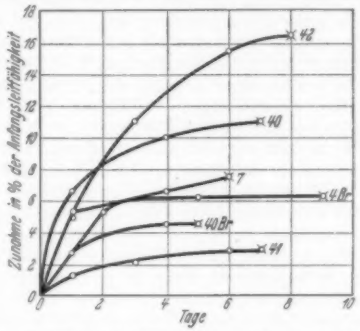


Fig. 4. Zeitlicher Leitfähigkeitsanstieg in Gefriersolen.

In der Gefrierflüssigkeit konnte nun in sämtlichen untersuchten Fällen durch Reduktion mittels H_2O_2 *Gold nachgewiesen* und auch quantitativ ermittelt werden. Um nun die Art der vorliegenden Goldverbindung festzustellen, wurde mittels

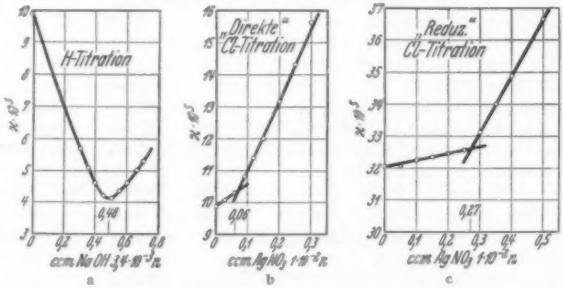


Fig. 5a, b, c. $HCl(AuCl_4)H$. Konduktometrische H- und Cl-Titration. Letztere vor und nach der Reduktion.

der konduktometrischen Titration mit $AgNO_3$ das Cl bestimmt, wobei sich die Leitfähigkeitskurve mit scharfem Knick erhebt, sobald die AgCl-Bildung auf Zusatz des Silbersalzes abgeschlossen ist (Fig. 5). Die konduktometrische H- und Cl-Bestimmung wurde vorher an analytisch bestimmtem $(AuCl_4)H$ erprobt. Dabei ergab sich, daß infolge Eintrittes einer OH unter Herstellung der Trichloro-Hydroxoverbindung doppelt soviel Lauge bei diesem Zusatz gebunden wird, als dem anwesenden H entspricht, gemäß der Gleichung:

$$(AuCl_4)H + 2\,NaOH \rightarrow [AuCl_3OH]Na + NaCl\,.$$

Ferner fand sich, daß bei $(AuCl_4)H$ das Cl erst nach der Reduktion des Goldes zur Gänze titrierbar wird, so das $Au = \frac{Cl\ red.}{4}$. Wenn wir also in der klaren Gefrierflüssigkeit eines Sols erst das Cl vorhandener HCl direkt titrieren und dann noch einmal nach der Reduktion, dann muß die Differenz der Werte $Cl\,red. - Cl\,dir. = \Delta\,Cl$ die Beziehung $\Delta\,Cl/4 = Au$ geben, falls das komplexe Goldion als $(AuCl_4)^-$ vorliegt.

In beistehender Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Au-Bestimmung und von $\Delta\,Cl/4$ in Gefrierflüssigkeiten von Solen miteinander zu vergleichen, ferner die Anionensumme (eingeklammert) mit der direkten H-Titration. Die letztere gibt merklich größere Werte, doch gleichen sich diese besser an, sobald berücksichtigt wird, daß, wie erwähnt, die Titration von $(AuCl_4)H$ mehr OH verbraucht als dem H^+ entspricht. Fig. 6a, b, c gibt ein Titrationsbeispiel an einem Goldsol.

Es ist also in der Frierflüssigkeit unserer Sole eine lösliche Goldverbindung, und zwar praktisch nur als das Ion $(AuCl_4)$ nachweisbar.

Tabelle 1.

Übereinstimmung von $\frac{\Delta\,Cl}{4}$ (bzw. Br.) und gravimetr. (reduz.) gefundenem Au.

Sol	Gefrorenes Sol		
	H-Titration	Cl(Br)-Titration	Red.-Au
4 Br	$2{,}6 \cdot 10^{-4}$ n $(2{,}45 \cdot 10^{-4}$ n)	$Br\,dir = 1{,}6 \cdot 10^{-4}$ n $Br\,red = 4{,}6 \cdot 10^{-4}$ n $\frac{\Delta\,Br}{4} = 7{,}5 \cdot 10^{-5}$ n	$8{,}0 \cdot 10^{-4}$ n
40 Br	$2{,}8 \cdot 10^{-4}$ n $(2{,}2 \cdot 10^{-4}$ n)	$Br\,dir = 1{,}8 \cdot 10^{-4}$ n $Br\,red = 3{,}4 \cdot 10^{-4}$ n $\frac{\Delta\,Br}{4} = 4{,}0 \cdot 10^{-5}$ n	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$ n
7	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$ n $(4{,}5 \cdot 10^{-4}$ n)	$Cl\,dir = 3{,}8 \cdot 10^{-4}$ n $Cl\,red = 4{,}8 \cdot 10^{-4}$ n $\frac{\Delta\,Cl}{4} = 2{,}5 \cdot 10^{-5}$ n	zu wenig zur quantitativen Bestimmung
40	$7{,}8 \cdot 10^{-4}$ n $(6{,}8 \cdot 10^{-4}$ n)	$Cl\,dir = 5{,}4 \cdot 10^{-4}$ n $Cl\,red = 1{,}1 \cdot 10^{-3}$ n $\frac{\Delta\,Cl}{4} = 1{,}4 \cdot 10^{-4}$ n	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$ n
41	$7{,}6 \cdot 10^{-4}$ n $(5{,}6 \cdot 10^{-4}$ n)	$Cl\,dir = 4{,}2 \cdot 10^{-4}$ n $Cl\,red = 1{,}06 \cdot 10^{-3}$ n $\frac{\Delta\,Cl}{4} = 1{,}6 \cdot 10^{-4}$ n	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$ n
42	$8{,}6 \cdot 10^{-4}$ n $(7{,}9 \cdot 10^{-4}$ n)	$Cl\,dir = 7{,}2 \cdot 10^{-4}$ n $Cl\,red = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ n $\frac{\Delta\,Cl}{4} = 7{,}0 \cdot 10^{-5}$ n	$7{,}0 \cdot 10^{-4}$ n

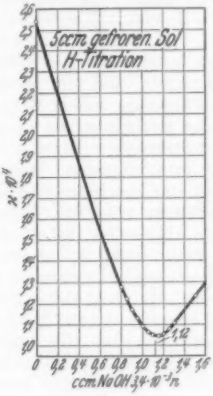


Fig. 6a.

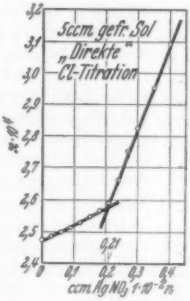


Fig. 6b.

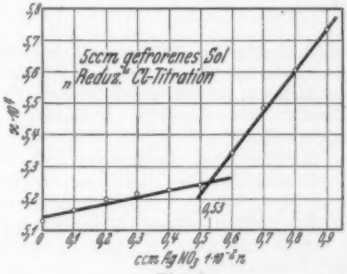


Fig. 6c.

(Schluß folgt.)

Über die funktionelle Struktur des Hyalinknorpels.

Von K. O. HENCKEL, Concepción (Chile).

Während es beim *Knochengewebe* schon früh gelungen war (H. MEYER), funktionelle Strukturen nachzuweisen, war es erst im letzten Jahrzehnt möglich, auch im *Knorpelgewebe*, speziell im hyalinen Knorpel, Architekturen aufzuzeigen, die in unmittelbarer Beziehung zur Beanspruchung stehen.

In der *Substantia spongiosa* des Knochens war es verhältnismäßig leicht, Richtung und Anordnung der Knochenbälkchen zu untersuchen — ganz anders als in dem äußerlich scheinbar völlig homogenen Hyalinknorpel, wo man erst eingreifende Behandlungen anwenden muß, um die innewohnende Struktur wahrzunehmen. So brauchte man nur die Richtung der Knochenbälkchen an dünnen Sägeschnitten zu verfolgen — ein Verfahren, das heute durch die Röntgenmethode ersetzt wird — um festzustellen, daß die Trabekelanordnung, z. B. in der oberen Femurepiphyse (vgl. Fig. 1), sich statisch als eine Krankonstruktion auffassen läßt, worauf besonders CULMANN aufmerksam gemacht hat.

Auch im Bereich der *Substantia compacta* des Knochens war es ohne besondere methodische Schwierigkeiten GEBHARDT, BIEDERMANN u. a. möglich, die konstruktive Einheit in der HAVERSschen Säule bzw. dem *Osteon* (vgl. Fig. 2) zu finden. Doch konnte man hier in der Folge lange Zeit nicht zu einer mehr synthetischen Betrachtungsweise vordringen, bis BENNINGHOFF[1] am

[1] Verh. anat. Ges. 1925.

menschlichen Skelet zeigen konnte, daß der Verlauf der Osteone in der Substantia compacta den Spaltlinien folgt, die sich bei Einstechen einer drehrunden Ahle in den entkalkten Knochen ergeben. Mittels dieser Methode, der wir hinsichtlich der Erforschung funktioneller Strukturen des

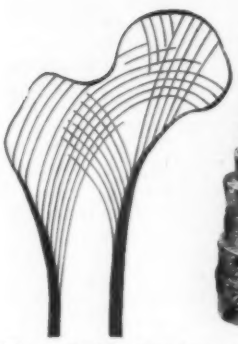


Fig. 1. Trajektorien der proximalen Femurepiphyse. Schema. Nach BRAUS.

Fig. 2. HAVERSsche Säule (*Osteon*). Schema. Nach BRAUS.

mikro-makroskopischen Gebietes schon recht bemerkenswerte Erfolge verdanken, war es BENNINGHOFF möglich, z. B. am menschlichen Schädel durchgehende Osteonsysteme aufzuzeigen, die vom Gesichtsschädel aufsteigend in die Konstruktion der Schädelkapsel einstrahlen und so eine feste Verbindung zwischen Gesichts- und Gehirnschädel schaffen. Wo sich noch Unstimmigkeiten im generellen Verlauf solcher Osteonsysteme zeigten, da war es mir[1] kürzlich möglich, durch vergleichende Untersuchungen an tierischen Schädeln (vgl. Fig 3) das Verhalten der menschlichen Schädel-

Fig. 3. Schädel von Semnopithecus maurus mit Spaltlinien. Nach HENCKEL (1931).

kompakta zu erklären — ein Zeichen, daß wir auch heute die vergleichende Methode nicht entbehren können, wenn es sich darum handelt, die *allgemeine* Gültigkeit einer Strukturerscheinung festzustellen.

Viel schwieriger liegen die Verhältnisse beim *Knorpelgewebe*, von dem wir hier nur die hyaline Form berücksichtigen wollen. Der Knorpel muß erst komplizierteren Behandlungen unterworfen werden, um seine funktionelle Struktur zu manifestieren. Diese kommt in zweierlei Merkmalen zum Ausdruck: 1. in der *Territorienbildung*, 2. im Verlauf der maskierten kollagenen *Fibrillen*, die in der Grundsubstanz enthalten sind. Während die Bildung von Territorien sich leicht durch Anwendung basischer Farbstoffe darstellen läßt, ist der Verlauf der Fibrillen nicht durch Färbung zu erkennen. Hier gelingt es mittels der Betrachtung im polarisierten Licht, durch Mazeration in 10 proz. Kochsalzlösung oder durch Verdauung mit Trypsin, die sonst unsichtbaren, in die Knorpelgrundsubstanz eingelagerten kollagenen Fibrillenbündel sichtbar zu machen, sie zu „demaskieren".

Als Grundelement des Hyalinknorpels hat BENNINGHOFF[1] das *Chondron* aufgestellt, das als Knorpeleinheit der Knocheneinheit Osteon funktionell gleichgeordnet wird. Das Chondron ist nach diesem Autor der einem Territorium entsprechende, meist kugelige, im Innern die Knorpelzellen enthaltende Körper, der peripher von kollagenen Fibrillenbündeln umhüllt wird. Gewöhnlich besitzt das Chondron sphärische Gestalt — man nennt es dann isodiametrisch — und ist dadurch befähigt, der Druckeinwirkung aus jeder beliebigen Richtung gleichmäßigen Widerstand zu leisten. Wenn das Chondron indessen ellipsoide Gestalt annimmt, bietet es größeren Widerstand gegen den Druck in der Längsachse dar. Außerdem ist der Widerstand des Chondrons proportional der Dicke der Fibrillenbündel, die ihm als äußere Umhüllung zugehören. In den zwischen den Territorien gelegenen sog. interterritorialen Zonen der Knorpelgrundsubstanz sind die kollagenen Fibrillenbündel zum großen Teil so orientiert, daß sie interchondronale Verbindungen herstellen.

Beim *Trachealknorpel* (BENNINGHOFF, PETERSEN) sind (vgl. Fig. 4) im Perichondrium und der

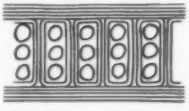


Fig. 4. Schema des Trachealknorpels. Die Kreise stellen Chondrone dar. Modifiziert nach PETERSEN.

benachbarten sog. Übergangsschicht die kollagenen Fibrillenbündel parallel zur Oberfläche orientiert. Von hier aus ziehen regelmäßig Fibrillenbündel arkadenförmig in die Tiefe und durchsetzen die Grundsubstanz in radiär zur Oberfläche gerichtetem Verlauf. Im Trachealknorpel finden sich ausschließlich isodiametrische Chondrone, die nach allen Richtungen gleichmäßigen Druckwiderstand leisten. Einzelne Trajektorien verbinden in transversoradiärer Anordnung die Chondrone untereinander.

[1] Morph. Jb. 66.

[1] Verh. anat. Ges. 1922.

Diese Verteilung der Trajektorien scheint es im wesentlichen zu gestatten, daß jeder beliebige Abschnitt des Knorpels für sich biegsam ist.

So erscheint die Struktur des Trachealknorpels verhältnismäßig einfach. Kompliziertere Verhältnisse treffen wir am *Oberschenkelkopf* des *Frosches* an, der von SCHAFFER[1] untersucht worden ist. Im polarisierten Licht wird beobachtet, daß (vgl. Fig. 5) über das Knochenende der Diaphyse

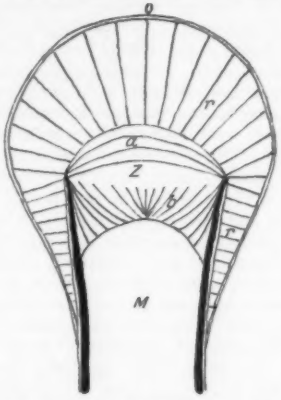


Fig. 5. Verlauf der Trajektorien an einem Medianschnitt durch den Oberschenkelkopf des Frosches. Nach SCHAFFER.

sich nach oben konvexe Bogenzüge spannen, die mit MOLLIER als eine Brückenkonstruktion zwischen zwei Pfeilern aufgefaßt werden kann. Dazu treten von unten her Trajektorien, die mit der Brückenkonstruktion eine Zone umschließen, die die stärkste Spannung aufweist. Von der Brückenkonstruktion gehen radiär durch den ganzen Gelenkkopf Spannungstrajektorien, die peripher in parallel zur Oberfläche gerichtete Faserzüge münden.

Ähnlich verhält sich der *Gelenkknorpel* (BENNINGHOFF). Hier (vgl. Fig. 6) sind die Chondrone

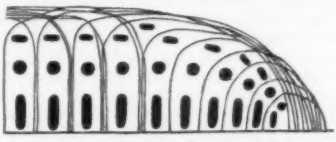


Fig. 6. Schema des Gelenkknorpels mit einem freien seitlichen Rand. Chondrone schwarz. Nach BENNINGHOFF aus SCHAFFER.

der oberflächlichen Schicht senkrecht zur Gelenkfläche abgeplattet. In der darunter gelegenen sog. Übergangszone orientieren sich die Chondrone schräg und darunter senkrecht zur Oberfläche; die Chondrone sind hier isodiametrisch. In der tiefsten Schicht beobachten wir seitlich komprimierte und senkrecht zur Oberfläche angeordnete Chondrone. Mit der Entfernung von der Oberfläche nimmt die Festigkeit der Zellhöfe und der Interterritorialsubstanz zu, wodurch eine fortschreitende Verfestigung bewirkt wird. Schließlich ist in der tiefsten Schicht die Knorpelgrundsubstanz verkalkt. BENNINGHOFF konnte zeigen, daß die kollagenen Fibrillenbündel ineinandergesteckte Bügel bilden, deren Fußpunkte in der Verkalkungszone gelegen sind.

Die Architektur des *Rippenknorpels* wurde von SRDINKO[1] untersucht. Dieser Forscher konnte (vgl. Fig. 7) unterhalb des Perichondriums zwei

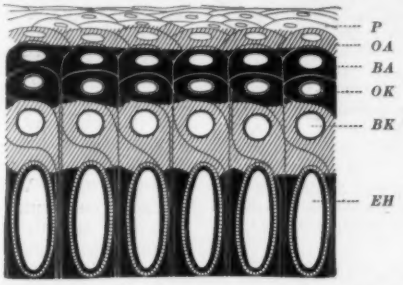


Fig. 7. Schema vom architektonischen Aufbau des Rippenknorpels (nur etwas über die Hälfte). *P* Perichondrium; *OA* oxyphile, *BA* basophile Appositionszone; *OK* Auftreten oxyphiler Kapseln Zwischensubstanz basophil; *BK* basophile Kapseln, oxyphile (metachondrale) Zwischensubstanz; *EH* radiär gestellte, ellipsoidische Zellhöfe mit inneren basophilen, äußeren oxyphilen Höfen und sekundär basophiler Zwischensubstanz. Schwarz einige der wichtigsten Faserungsrichtungen.

parallel zur Oberfläche gerichtete Trajektorienschichten nachweisen, von denen radiär ins Innere Fibrillenbündel ziehen. Es folgen eine dritte und eine vierte Schicht von Chondronen, die im wesentlichen isodiametrisch gestaltet sind. Eine fünfte Schicht zeigt längsgestellte Chondrone. Neben den in der Hauptsache radiär angeordneten Trajektorien finden sich auch solche, die wie beim Trachealknorpel in radiär-transversaler Richtung ziehen und einen allseitigen Druckwiderstand verbürgen. Wie beim Gelenkknorpel, so ist auch hier eine von der Oberfläche zur Tiefe zunehmende Verfestigung der Interterritorialsubstanz festzustellen.

Auch die Knorpelelemente des *Kehlkopfes* weisen eine deutliche Architektur auf, die wir mikroskopisch und makroskopisch zu klären versuchten[2].

Die Spaltlinienmethode stößt hier auf beträcht-

[1] Verh. anat. Ges. 1911.

[1] Arch. mikrosk. Anat. 87.

[2] Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, so daß dieser Teil der Ausführungen mit Vorbehalt wiedergegeben wird.

liche Schwierigkeit, da die Kehlkopfknorpel vergleichsweise sehr reichliche Einlagerungen von Mineralstoffen aufweisen. Deshalb ist es nötig, vor Anlage der Spaltlinien die Kehlkopfknorpel in 3proz. Salpetersäure 8—14 Tage einzulegen. Nur Schild-, Ring- und Aryknorpel geben ein deutliches Spaltbild, nicht dagegen die Epiglottis, die, bekanntlich aus elastischem Knorpel bestehend, nur drehrunde Einstichstellen zuläßt. Das bei weitem komplizierteste Spaltbild zeigt der Schildknorpel (vgl. Fig. 8). Auffallenderweise verlaufen die Spaltlinien hier an der Innen- und Außenfläche verschieden. In der Mittellinie ziehen sie innen und außen senkrecht von oben nach unten. Am Ober- und am Unterrand verlaufen sie in der Hauptsache randparallel; im Gebiet der Linea obliqua beobachten wir Spaltlinien, die senkrecht zu ihrem Verlauf ziehen. Das Cornu superius und das Cornu inferius zeigen Spaltlinienzüge, die quer zu ihrer Achse, rund um den Umfang dieser Knorpelfortsätze verlaufen. Relativ einfachere Spaltbilder zeigen Ringknorpel und Aryknorpel. Eine mechanische Erklärung dieser Befunde ist zur Zeit noch nicht möglich. Bemerkenswert ist, daß auch die Stellen, die — wie das am Schildknorpel im Alter häufig vorzukommen pflegt — sekundär verknöchert sind, die gleiche Spaltbarkeit aufweisen, wie sie sich am unveränderten Knorpel ergibt. Es erhellt, daß der architektonische Grundplan durch solche sekundäre Materialveränderung nicht gestört wird.

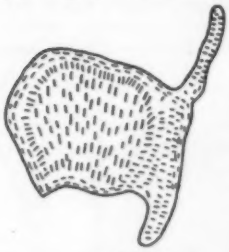


Fig. 8. Spaltlinien des Schildknorpels. Seitenansicht. Schema.

Was den Verlauf der Trajektorien anlangt, so kann man im polarisierten Licht beobachten, daß in den subperichondralen Schichten des Schildknorpels die Trajektorien parallel zur Oberfläche verlaufen und von hier aus bogenförmig ins Innere des Knorpels gelangen. Sie zeigen hier einen ähnlichen Verlauf wie beim Trachealknorpel. Im Gegensatz zu diesem sind die Chondrone der Kehlkopfknorpel nicht sämtlich sphärisch-isodiametrisch. In den zentralen Knorpelabschnitten finden sich zahlreiche Chondrone, die ähnlich wie beim Rippenknorpel ellipsoide Gestalt besitzen; ihre Längsachse steht senkrecht zur perichondralen Oberfläche. Form und Anordnung der Chondrone ist in den verschiedenen Abschnitten, z. B. des Schildknorpels, außerordentlich verschieden. Doch steht jetzt schon fest, daß auch die Elemente des Kehlkopfes eine deutliche innere Architektur besitzen, die in Analogie zu den oben besprochenen knorpeligen Teilen ebenfalls funktionell zu deuten ist.

Bei der Analyse der beschriebenen funktionellen Strukturen in den verschiedenen untersuchten Knorpelelementen drängt sich die Frage nach ihrer ontogenetischen und phylogenetischen Entstehung auf. *Phylogenetisch* repräsentiert der Knorpel ein recht primitives Gewebe, in dem wir schon bei Zyklostomen und Selachiern, deren ganzes Skelet zeitlebens aus Knorpel besteht, funktionelle Strukturen nachweisen können. So zeigt der grundsubstanzarme Knorpel der *Zyklostomen*, z. B. in den von SCHAFFER untersuchten Flossenstrahlen von Petromyzom, eine hochdifferenzierte Architektur, die allerdings nicht völlig der des grundsubstanzreichen Knorpels höherer Wirbeltiere entspricht. Auch bei den *Selachiern* ist schon eine deutliche funktionelle Struktur des Knorpelgewebes nachzuweisen, das hier durch subperichondrale Einlagerungen von Kalksalzen sekundär verstärkt wird.

Hinsichtlich der *Ontogenese* der Knorpelarchitektur erscheint es besonders wichtig, festzustellen, ob Chondrone und Trajektorien schon vorhanden sind, bevor eine deutlichere Funktion der betreffenden Knorpelteile nachgewiesen werden kann. Das ist, soweit sich bis heute übersehen läßt, meist der Fall. Auch bei anderen funktionellen Strukturen, z. B. der des Bindegewebes im Stratum subcutaneum und der der glatten Muskulatur in der Gebärmutter, ist die endgültige Architektur schon beim Fetus gegeben, so daß hier nicht die Funktion für die Ausbildung der Struktur verantwortlich gemacht werden kann. So sind auch die funktionellen Strukturen des Hyalinknorpels keineswegs etwa Endprodukte funktioneller Anpassungsvorgänge. Wohl sind solche Architekturen „adaptiert", aber nicht das Ergebnis von Adaptationen im Sinne von DRIESCH.

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von MAX HARTMANN, MAX v. LAUE, CARL NEUBERG, ARTHUR ROSENHEIM und MAX VOLMER.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von **höchstens einer Druckspalte** zu beschränken.

Zum Ramaneffekt wässriger Nitratlösungen.

Bei einer eingehenden Untersuchung des Raman-Spektrums gelöster Nitrate, über die nächstens in der Z. Physik eingehend berichtet werden soll, ergab sich unter anderem folgendes: Während sich in konzentrierter Li-, Na-, Ag- und Pb-Nitratlösung neben der stärksten Linie des Nitrations ($\triangle \nu \approx 1048$) nur *eine* Linie mit einer Frequenzdifferenz von etwa 720 cm^{-1} ergibt, zeigen Ca und Cd statt dessen *zwei* nahe beieinanderliegende Linien mit den Frequenzdifferenzen 716 und 741 cm^{-1}. In der 8 normalen Lösung sind beide Linien etwa gleich intensiv. In einer 15-n-$Ca(NO_3)_2$-Lösung ist die Linie 741, in einer 4-n-Lösung dagegen die Linie 716 merklich intensiver als die andere. Die Lage der Linien ist in der $Cd(NO_3)_2$- und in den drei

$Ca(NO_3)_2$-Lösungen innerhalb der Meßfehler ($\pm$ 3 cm^{-1}) dieselbe. Beide Linien sind ebenso wie die Linie bei 720 der anderen Nitrate fast vollständig depolarisiert. Die ganze Frage wird zur Zeit noch näher untersucht.

München, Physikalisches Institut der Universität, den 17. Juni 1932. PETER GRASSMANN.

Über die Natur des blauen Steinsalzes.

Trotz der großen Anzahl von Untersuchungen, die am natürlichen blauen Steinsalz bisher angestellt wurden, ist ein abschließendes Urteil über die Natur seiner Färbung noch nicht möglich gewesen, viel weniger noch über ihre Entstehungsweise. Immerhin liegen gute Gründe dafür vor, daß es sich um kolloidales Natrium handelt, nachdem es auf den verschiedensten Wegen gelingt, an subtraktiv oder additiv mit Natriumdampf gefärbtem Steinsalz Blaufärbungen zu erzielen, deren Absorptionsspektren mit jenen von natürlichen Blausalzen weitgehend übereinstimmen können. Ferner zeigt nach einer Untersuchung von SAVOSTIANOVA[1] die kolloidale Blausalzfärbung das nach der MIEschen Theorie für Natriummetallteilchen zu erwartende Verhalten, wenngleich diese Beziehung nach eigenen Versuchen weder als vollständig noch als völlig zwingend angesehen werden dürfte. Eine endgültige Klarstellung dagegen ist denkbar, wenn es ohne sonstige Veränderung durch thermische Behandlung gelingt, im Blausalzkristall Natrium*atome* auf optisch-lichtelektrischem Wege nachzuweisen, seitdem derartige Atomfärbungen nach den bekannten Untersuchungen von POHL und Mitarbeitern eindeutig zu kennzeichnen sind.

Versuche des einen von uns (L.), die Entfärbung natürlicher Blausalze bei möglichst niedriger Temperatur lichtelektrisch-photometrisch zu verfolgen (z. B. 400 Stunden bei 180°), zeigten unmittelbar vor der völligen Entfärbung um 460 $m\mu$ ein geringes Ansteigen der Absorptionskurve, dessen Lage mit jener der Absorptionsbande der gelben Natriumatomfärbung des Steinsalzes (465 mμ) tatsächlich zusammenfällt. Gemeinsame Versuche an sehr kurze Zeit auf hohe Temperatur gebrachten Blausalzen (z. B. 15 sec. bei 780°) ergaben direkt makroskopische Gelbfärbungen dieser Art. Die Lage des Maximums (465 mμ) und die Halbwertsbreite der Absorptionsbande (80—90 mμ) stimmen mit den bekannten Daten für Natrium-Atomfärbungen überein; wie bei jenen tritt auch die für Atome besonders charakteristische „Erregung" im gewohnten Ausmaße auf (spezifische Erregung[2] bis etwa 20%). Auf die übrigen Eigenschaften dieser Färbungen und ihre Beziehungen zu der Entstehungsweise der Blausalze wird in der ausführlichen Arbeit des einen von uns (L.) eingegangen werden.

Nach früheren Untersuchungen[3] bedeutet der optische Nachweis einer Natriumatomfärbung unbekannter Entstehung im Steinsalzkristall das ursprüngliche Vorhandensein freier Metallatome irgendwelcher Alkalien oder bestimmter Erdalkalien (Ca, Sr, Ba). Die genauere Diskussion ergibt, daß im vorliegenden Falle nur *Natrium* in Betracht kommt, so daß *am Aufbau der färbenden Kolloidteilchen der natürlichen Blausalze Natriumatome jedenfalls beteiligt* sind.

Halle a. S., Institut für theoretische Physik, den 18. Juni 1932. H. LIERMANN. E. REXER.

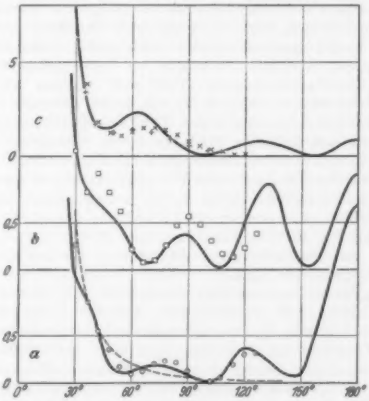
Weitere Versuche ergaben, daß die Halbwertsbreite der Na-Absorptionsbande unmittelbar nach Herstellung der Atomfärbung *abnormal klein* ist (70 mμ) und erst im Laufe von Stunden den Normalwert von additiv oder subtraktiv gefärbten Kristallen erreicht. Es wird nunmehr geprüft, ob dieses Verhalten mit der Entstehungsweise der natürlichen Blausalze in Verbindung zu bringen ist. (Zusatz bei der Korrektur, 27. Juni 1932.)

Streuung von Elektronen an Quecksilber.

Seit einiger Zeit liegen Messungen von ARNOT[1] über die Streuung mittelschneller Elektronen an Quecksilber vor, die sich mit der BORNschen Stoßtheorie nicht erklären lassen. Die experimentellen Untersuchungen zeigen deutlich Maxima und Minima der Intensität bei wachsendem Streuwinkel, während die BORNsche Formel bekanntlich einen monotonen Abfall ergibt. Dagegen erzielt man gute Übereinstimmung mit den Experimenten, wenn man die Eigenfunktion des stoßenden Elektrons im Felde des Atoms exakt berechnet. Dazu benutzt man mit Vorteil die Theorie in der Form, wie sie u. a. bei ALLIS und MORSE[2] steht und zuerst von FAXÉN und HOLTSMARK angegeben wurde. Man erhält dann für die in Richtung ϑ pro Raumwinkelelement gestreute Intensität

$$|F(\vartheta)|^2 = \frac{1}{4E}\left|\sum_{l=0}^{\infty}(2l+1)\,P_l(\vartheta)\,(e^{2i\delta_l}-1)\right|^2,$$

(E = Energie des einfallenden Elektrons, E und $|F(\vartheta)|^2$ in atomaren Einheiten). Die hierbei auftretende



Winkelabhängigkeit der Streuung von Elektronen an Quecksilber.

a —— 812 Volt theor. --- 1. BORNsche Näherung.
○ 800 Volt ARNOT.
b —— 480 Volt theor. □ 480 Volt ARNOT.
c —— 135 Volt theor. × 119 Volt ARNOT.
\+ 150 Volt PEARSON, ARNQUIST.

[1] M. SAVOSTIANOVA, Z. Physik **64**, 262 (1930). — Die Folgerungen einer eben erschienenen Arbeit von M. KAHANOWICZ, Z. Physik **76**, 283 (1932) über die seitliche Zerstreuung des Lichtes durch die Kolloidteilchen des blauen Steinsalzes sind mit unseren Ergebnissen unvereinbar und wohl auf unvollständige Diskussion der Spektralverteilung des dort gemessenen seitlichen Streulichtes zurückzuführen.

[2] Vgl. dazu H. J. SCHRÖDER, Z. Physik **76** (1932).

[3] E. REXER, Z. Physik **70**, 159 (1931) (§ 9) — Z. Physik **76** (1932) (§ 7).

[1] F. L. ARNOT, Proc. Roy. Soc. **130**, 655 (1931) — vgl. auch J. M. PEARSON u. W. N. ARNQUIST, Physic. Rev. **37**, 970 (1931).

[2] W. P. ALLIS u. P. M. MORSE, Z. Physik **70**, 567 (1931).

„Phase" δ_l wurde von HOLTSMARK für einige Edelgase mit Hilfe des HARTREEschen Potentials aus der SCHRÖDINGER-Gleichung berechnet. Sehr viel einfacher bekommt man sie nach einem Vorschlag von H. BETHE, indem man die Wellengleichung mit der Methode von WENTZEL-KRAMERS-BRILLOUIN löst; man findet

$$\delta_l = \int \sqrt{E - V - \left(\frac{l+\frac{1}{2}}{r}\right)^2}\, dr - \int \sqrt{E - \left(\frac{l+\frac{1}{2}}{r}\right)^2}\, dr,$$

wobei die Integration jeweils zwischen der Nullstelle des Integranden und $r = \infty$ zu erfolgen hat.

Wir benutzten nun für V das FERMIsche statistische Atompotential. Die δ_l lassen sich dann einfach berechnen, besonders wenn man die von SOMMERFELD[1] angegebene asymptotische Formel für das Potential benutzt. Die Methode sollte gute Ergebnisse zeigen bei schweren Atomen (nur dort ist das verwendete Potential gut) und bei nicht zu kleinen Energien (wegen der Näherungslösung der Differentialgleichung). Der Vergleich von Theorie und Experiment ist aus der beigegebenen Figur zu ersehen. Besonders befriedigend ist die Übereinstimmung bei der höchsten Energie (Fig. a); in allen Kurven wird die Lage der Extrema richtig wiedergegeben. Auffallend ist die starke Rückwärtsstreuung, sie ist an Quecksilber noch nicht beobachtet worden. Es liegen aber Meßkurven von HUGHES und MCMILLEN[1] an Argon vor, die einen ähnlichen Verlauf zeigen.

Wir sind damit beschäftigt, zu untersuchen, wie unsere Maxima und Minima bei hohen Energien in dem BORNschen Abfall verschwinden.

München, den 24. Juni 1932. W. HENNEBERG.

[1] A. SOMMERFELD, Rend. Lincei 15, Mai 1932.

[1] A. L. HUGHES u. J. H. MCMILLEN, Physic. Rev. 39, 585 (1932).

Besprechungen.

Das Weltbild der Naturwissenschaften. Von L. R. GROTE, M. HARTMANN, E. HEIDEBROEK und E. MADELUNG. Stuttgart: Ferdinand Enke 1931. VII, 136 S. 16×25 cm. Preis geh. RM 7.—, geb. RM 8.60.

„Das Weltbild der Naturwissenschaften" wird hier in 4 Vorträgen gezeichnet, die als Gastvorlesungen an der technischen Hochschule Stuttgart gehalten wurden und Physik, Biologie, Medizin und Technik behandeln. Man braucht diese Gebiete nur zu nennen, um sofort klar zu machen, daß heute kein Mensch auf der Erde lebt und keiner in Zukunft mehr leben wird, der in Personalunion eine Kompetenz für diese Gebiete in Anspruch nehmen dürfte, ohne mit der Erhabenheit seines Anspruchs den Schritt zum Fluche der Lächerlichkeit gänzlichen Versagens gegenüber seinem eigenen Anspruche zu tun.

Wenn ich es wage, dem Wunsche der Schriftleitung zu entsprechen und über die Vorträge zu referieren, so tue ich das, wie ich vornherein betonen möchte, nicht in der anspruchsvollen Rolle eines vielleicht undankbaren Kritikers, sondern in der anspruchslosen eines dankbaren Lesers. Und das, woraus ich mir vielleicht ein sachliches Recht dazu herleiten darf, liegt in dem schon durch den Titel des Werkes betonten Allgemeinen und die Vorträge selbst einheitlich Verbindenden, auf Grund dessen sie sich bei aller inhaltlichen Verschiedenheit auch als Vorträge an einen gemeinsamen Hörerkreis wenden durften, liegt darin, daß sie, wie schon im Vorwort P. P. EWALD von der Technischen Hochschule Stuttgart mit Recht hervorhebt, mehr auf Methodik und Zielsetzung als auf Einzelheiten gerichtet sind.

E. MADELUNG eröffnet die Schrift mit seinem Vortrag über „Das Weltbild der Physik". Er gliedert seine Aufgaben in zwei Hauptteile. Der erste behandelt Gegenstand, Methodik und Ziel, der zweite den gegenwärtigen Stand der physikalischen Erkenntnis. Will der Verfasser auch keine Erkenntnistheorie der Physik geben, so sind doch seine scharfen und klaren Ausführungen über Methodik, Ziel und Material in methodologischer Beziehung von allergrößtem Interesse. Indem er die Erkenntnis als „geordnete Erfahrung" versteht, weist er die Bedeutung auf, die dem Experiment in ihr zukommt, um sodann die „Fixierung" der Erfahrung durch Zahlen und Messen im Verhältnis zu Quantität und Qualität im physikalischen Sinne zu erörtern. In ungemein klarer Weise werden Raum- und Zeitmessung in ihrer Bedeutung für die physikalische Erkenntnis untersucht (z. B. für den Begriff der Geschwindigkeit). Daß dabei auf die Schwierigkeiten, die im Fehlen eines konstanten Maßes liegen, nicht näher eingegangen wird, darf der Arbeit nicht zum Vorwurf gemacht werden. Denn das hätte von deren allgemeinem Ziele zu weit ins Spezielle geführt und einer besonderen Untersuchung für sich bedurft. Von besonderer methodologischer Bedeutung sind sodann auch die Ausführungen über den Unterschied zwischen empirischer Formel und mathematischer Gleichung, sowie über Interpolation und Extrapolation und die Unterscheidung der Konstanten in „zufällige", „generelle" und „universelle" in ihrer Beziehung auf das physikalische Gesetz. Die philosophischerseits, besonders seit LOTZE und LIEBMANN betonte Bedeutung des hypothetischen Urteils für die Naturforschung überhaupt begegnet uns in der weiteren Ausführung als Bedeutung der „Wenn-Dann-Aussage" für die Physik. Von da kann die Untersuchung weiterführen zu Unterschied und Verhältnis von „deterministischen Gesetzen" und „statistischen Erfahrungen", Theorie, Hypothese, Modell. Zum Schluß des ersten Teils wird das Programm der exakten Physik gegen die Metaphysik abgegrenzt und dabei in sehr bemerkenswerter Weise der Positivismus abgelehnt. Wenn nach MADELUNG auch der Physiker „in der Methodik Positivist ist" (was ich allerdings auch schon für die Methodik im Hinblick auf die Mathematik und deren Bedeutung gerade für die Methodik nicht einräumen könnte), so wird doch in ganz ausgezeichneter Weise betont, daß ohne den Wertgedanken „die Naturforschung als ganz äußerliches Geschäft ohne kulturelle Hintergründe dastände". Diese Bemerkung eines Physikers sollte ganz allgemein, besonders aber denjenigen Philosophen zu denken geben, die da glauben, auch philosophische Probleme mit gänzlicher Wertblindheit behandeln zu können.

Die Darlegung des gegenwärtigen Standes der Physik wird im zweiten Teile der Abhandlung erreicht durch eine kurze Verfolgung des geschichtlichen Weges der Physik. Die Mechanik der Massenpunkte und die der Kontinua werden kurz skizziert. Durch diese vorbereitet, tritt die Elektrodynamik geschichtlich in Erscheinung und erhält in den MAXWELLschen Gleichungen ihre grundlegenden Axiome. Im elektrischen und magnetischen Felde lernen wir sodann einen Übergang von der Punktphysik zur Feldphysik sehen. Der Weg von MAXWELL über HERTZ zur Elektronentheorie wird im allgemeinen Umriß gezeichnet, um das Verständnis des Aufbaues der physikalischen Welt aus Protonen und Elektronen anzubahnen, das dann weiter in PLANCKS Leistung zur Quantentheorie vordringt. Wie sie als Quantentheorie des Atombaues und der Spektren allmählig in ihre heutige Gestalt wächst, das wird in

großen Zügen aufgewiesen, unter Eingehen auf BOHR, DE BROGLIE, SCHRÖDINGER, HEISENBERG. Von wiederum besonders methodologischem Interesse wird hier die Betonung, daß die Bilder von Welle und Korpuskeln eben selbst von *methodischer* Bedeutung sind, wie denn der Charakter des Methodischen der Theorie auch weiter durch die schon erwähnte Unterscheidung statistischer und deterministischer Resultate im Sinne der „Wenn-Dann-Aussage" eine besondere Hervorhebung erfährt. Mit einem Ausblick auf den Zusammenhang der Physik mit dem Ganzen der übrigen naturwissenschaftlichen Disziplinen schließt die Abhandlung ab. Auf verhältnismäßig engem Raume hat sie eine ungemein reiche Fülle von Gesichtspunkten zusammengedrängt, die in einem Referat ja nur einigermaßen angedeutet werden können. Daß aber auch nur das überhaupt möglich ist, beruht darauf, daß die reiche Fülle des Stoffes von MADELUNG mit besonderer Klarheit und Schärfe gestaltet und dargestellt worden ist.

In der zweiten Abhandlung stellt M. HARTMANN „die Welt des Organischen" dar. Sie weist von vornherein in erheblichem Ausmaße über den engeren Kreis der biologischen Fragestellungen hinaus, und bezieht diese in erfreulicher Weise auf philosophische, insbesondere auf erkenntnistheoretische und methodologische Grundfragen. Ja, die gute erste Hälfte der Arbeit ist von ihnen durchdrungen. Dem Referenten war es eine besondere Freude, zu sehen, wie sich HARTMANNS Arbeit auf weiten Strecken sowohl in erkenntnistheoretischer, wie auch in methodologischer Beziehung mit einigen seiner eigenen Arbeiten berührt und auf sie bezieht. Der erste Teil von HARTMANNS Untersuchung behandelt geradezu „die Aufgaben und philosophischen Grundlagen der Biologie". Nachdem er die für die Biologie spezifisch charakteristischen Aufgaben bestimmt, und ihr Gebiet als Wissenschaft vom Organischen im Ganzen der Naturforschung abgegrenzt, selbstverständlich aber ohne Beziehung und Zusammenhang mit diesem Ganzen zu verlieren oder preiszugeben, wendet er sich den erkenntnistheoretischen Grundlagen der biologischen Erfahrung zu. Auch bei ihm finden wir jene deutliche Absage an den Positivismus, aus der philosophische Positivisten oder positivistische Philosophen in recht bedeutungsvoller Weise von der Naturforschung lernen könnten. Wie HARTMANN selbst hervorhebt, „ist die hier vertretene Theorie der Erfahrung die KANTS". Das gilt wenigstens im Wesentlichsten und Grundsätzlichsten, ohne daß verkannt werden sollte, daß die KANTische Theorie im einzelnen gewiß der Berichtigung und Ergänzung, der Weiterführung und Vertiefung ebenso bedürftig, wie aber auch, darin liegt ja ihre Größe und Bedeutung, fähig ist. Ganz allgemein und von vornherein möchte ich mir dazu gleich eine Bemerkung gestatten. Gerade da, wo HARTMANN das Problem der Kategorien in seine Untersuchung einführt, hätte ich etwas größere Genauigkeit in der Formulierung für wünschenswert gehalten. Gewiß verfällt HARTMANN, wie sofort die Weiterführung des Gedankens zeigt, selber nicht einer subjektivistischen Deutung, gewiß betont er ausdrücklich den Gedanken der objektiven logischen Geltung. Aber gerade seine ersten anfänglichen Formulierungen können doch dem subjektivistischen Mißverständnis Vorschub leisten; und das um so mehr, als die ungeheuerlichen SCHOPENHAUERschen Sinnverdrehungen des KANTischen Kritizismus zum Subjektivismus auch heute immer noch in den Köpfen mancher Philosophen ihr Unwesen treiben. Gerade im Interesse eines gedeihlichen, ja auch von HARTMANN in so anerkennenswerter Weise erstrebten Zusammenwirkens von Philosophie und Naturwissenschaft ist das zu beklagen. Ein schlagendes Beispiel dafür sind ja heute vor allem die Versuche, bald KANT gegen EINSTEIN, bald EINSTEIN gegen KANT auszuspielen, die einem manchmal so absurd erscheinen müssen, wie es einem absurd erscheinen müßte, wollte man, um das möglichst greifbar zu verdeutlichen, bald die Funktionentheorie gegen die Zahlentheorie, bald die Zahlentheorie gegen die Funktionentheorie innerhalb der Mathematik ausspielen.

Wie weit HARTMANN selbst, trotz seiner anfänglich bedenklichen Formulierung von allem Subjektivismus entfernt ist, das zeigen im einzelnen gerade seine Ausführungen zum Kategorienproblem und zum Problem der Naturgesetzlichkeit und der Naturbegreiflichkeit. Was er insbesondere zum Kausalproblem bemerkt, scheint mir besonders geeignet, die heute wieder einmal zur Diskussion gestellte „Krisis der Kausalität" nicht als eine Krisis der Kausalität, sondern als eine solche einer gewissen Kausalauffassung durchschauen zu helfen. Dies und seine weiteren methodologischen Ausführungen (vor allem das Grundsätzliche über exakte und generalisierende Induktion, das sich in weitestem Umfange mit Untersuchungen von mir selber deckt) kommen auch seinen von kritischer Besonnenheit getragenen Darstellungen über Ganzheit und Teleologie, deren heuristische, nicht konstitutive Bedeutung für die Biologie, sowie über Mechanismus und Vitalismus zugute.

Wie MADELUNG auf seinem, so führt HARTMANN auf seinem Forschungsgebiete nun im zweiten Teile der Untersuchung uns in den gegenwärtigen Stand der Forschung ein, nun aber nicht auf historischem, sondern auf systematischem Wege. Er beginnt hier mit der Systematik und Morphologie in ihrer Bedeutung für die Biologie und führt dann weiter zur Physiologie, um seine Untersuchungen nach den verschiedenen Ausgliederungen der Physiologie, in die Physiologie des Stoff- und Energiewechsels, des Formwechsels, der Reiz- und Sinnesphysiologie zu entfalten und mit einer Untersuchung des Verhältnisses von Physiologie und Psychologie abzuschließen.

Ähnlich wie von MADELUNG finden wir auch von HARTMANN in seiner Untersuchung eine solche Fülle des Stoffes in knappste Form zusammengedrängt, daß, zumal der Autor selbst schon die Notwendigkeit, sich auf eine Auswahl beschränken zu müssen, betont, ein Hervorheben von diesen oder jenen Einzelheiten als ein Unrecht gegen andere erscheinen kann. Trotzdem möchte ich auf zwei Momente wenigstens kurz hinweisen, weil an ihnen der Zusammenhang des Ganzen der Untersuchung ganz allgemein, wie insbesondere derjenige zwischen dem ersten grundlegenden und dem zweiten spezielleren Teile besonders klar und scharf hervortritt. Das ist einmal der Fall bei seinen reizphysiologischen Ausführungen, die in besonders kritischer Zurückhaltung einer unkritischen Vermengung grundsätzlich verschiedener Gesichtspunkte entgegenwirken, durch die auch auf sinnesphysiologischem Gebiete leicht jene „faule Teleologie", die schon KANT als den „Tod aller Naturphilosophie" bezeichnet hatte, in die Naturforschung eingeführt wird, und durch die die Naturforschung zu leicht in die Gefahr gerät, die anthropomorphen Elemente, die sie nach PLANCKS richtiger Forderung gerade zu eliminieren hat, in sich aufzunehmen. Damit im Zusammenhange steht der zweite Punkt, auf den ich wenigstens noch mit einigen Worten hinweisen möchte, die kurze Erörterung des Leib-Seelen-Problems. Auch hier berührt die besonnene Zurückhaltung des Verfassers sehr sympathisch. Wenn ihm keine der bisherigen Lösungen der Frage, insbesondere die des Parallelismus nicht, genügt, so will ich ihm nicht im geringsten widersprechen. Wenn er aber das Problem für schlechthin unlösbar zu halten neigt, so möchte ich zu erwägen geben, ob das nicht vielleicht daran liegt, daß das Problem bisher noch

nicht einmal auch nur richtig gestellt worden ist. Uneingeschränkt zustimmen aber möchte ich seiner Ablehnung des Biologismus. Daß gerade ein Fachvertreter der Biologie den Biologismus aufs entschiedenste abweist, erscheint mir besonders in unserer Zeit um so verdienstlicher und bemerkenswerter, als in der Philosophie der Biologismus als Weltanschauung geradezu zum groben Unfug geworden ist, und er auch von solchen vertreten wird, die nicht einmal merken, daß sie ihn vertreten.

Der Referent muß sich natürlich bei der gebotenen Kürze auf bloße Andeutungen beschränken. Aber vielleicht können diese Andeutungen wenigstens zu verstehen geben, daß die Abhandlung M. Hartmanns ihrem Inhalt nach ebenso gedankenreich, wie anregend und anziehend ist. Daß des gedankenreichen, anregenden und anziehenden Inhaltes die Form der Darstellung würdig ist, sei noch besonders betont.

Ich gestehe: Wenn ich Bedenken hatte, das Referat des vorliegenden Werkes zu übernehmen und ich die Übernahme von vornherein lediglich als Versuch betrachtete, so bezog sich das vor allem auf die beiden Abhandlungen des zweiten Teils. Mit mathematischen, physikalischen und biologischen Fragen beschäftige ich mich zwar schon seit meinen frühesten wissenschaftlichen Anfängen, und ohne diese Beschäftigung hätte ich auch auf meinem eigenen Gebiete nicht das arbeiten können, was ich an meinem bescheidenen Anteil beigetragen zu haben hoffe. Über spezifisch medizinische und technische Dinge ein Urteil abzugeben, würde mir geradezu als Dreistigkeit erscheinen und meinem wissenschaftlichen Gewissen widersprechen. Sie sind für mich höchstens unter dem Gesichtspunkte der allgemeinen Kultur und des sozialen Lebens in Betracht gekommen, oder insofern ich selber, etwa hinsichtlich der Medizin, Objekt, aber nicht Subjekt und hinsichtlich der Technik tagtäglicher „Nutznießer" war. Mag ich mich also ehrlicherweise auch hier als blutigen Laien bekennen müssen, so darf ich doch auch gleich betonen: „*Das Weltbild der Medizin*", wie es Grote in seiner Abhandlung zeichnet, ist nicht allein für den medizinischen Fachmann von Interesse. Es dürfte auf jeden Gebildeten ungemein fesselnd und instruktiv wirken und bei der überaus glücklichen Darstellungsgabe des Verfassers auch in weitem Umfange für ihn verständlich sein, für den naturwissenschaftlich, besonders biologisch Vorgebildeten auch in gewissem Umfange wenigstens nach Seiten der spezielleren Fragestellungen. Das hängt zum Teil mit der allgemeinen kulturphänomenologischen Absicht der Arbeit zusammen und zum anderen Teile aber auch wieder im Zusammenhange damit auch mit dem Sachcharakter der Medizin selbst, die ja nicht allein Wissenschaft, sondern praktische Hilfeleistung am Menschenleben ist: der Doppelstellung der Medizin, von der der Verfasser ausgeht. In allgemeiner kulturgeschichtlicher Beziehung von allerhöchstem Interesse sind seine Ausführungen über die Entwicklung der Medizin von den primitivsten instinkthaften Anfängen über die niederen Stufen vorwissenschaftlich medizinischen Denkens bis zu deren Umsetzung und Umgestaltung in wissenschaftliche Formen. In sehr ansprechender und einleuchtender Weise wird die praktisch-soziologische Struktur der Medizin nach den verschiedenen Formen ärztlichen Wirkens (Universalarzt, Hausarzt, Facharzt) dargestellt und ihre Beziehung zu Staat und Gesellschaft besprochen. Für den Laien wirkt es überraschend, daß der hier sprechende medizinische Fachmann der „Laienmedizin" in mancher Hinsicht sympathischer und weniger skeptisch gegenübersteht als viele gebildete Laien selbst, obwohl er natürlich die Grenzen der Laienmedizin sehr viel schärfer sieht als Laien sie sehen können.

Was Grote im Fortgang seiner Untersuchung nun auch im spezifisch-medizinischen Sinne darlegt, ist doch auch wiederum über das eigentliche Fachgebiet hinaus von Interesse, weil er von vornherein als „Gegenstand der Medizin den Menschen" faßt. Ich möchte zunächst nur hervorheben, daß mir auch unter allgemeinsten wissenschaftstheoretischen Gesichtspunkten das, was Grote über Konstitution und Person, Konstitutionspathologie, Typenpathologie und Individualpathologie ausführt, von grundsätzlicher Bedeutung erscheint. Zu seiner ausführlichen Ablehnung der fiktiven Normalauffassung und zur Kritik des Versagens dieser Auffassung angesichts des Krankheitsbegriffs erlaube ich mir, dem Mediziner zu verraten, daß ich gelegentlich in meinen Vorlesungen über Logik eine Definition der Krankheit, die ich in einem bekannten Werke über Pathologie fand, und die die Unzulänglichkeit der Normvorstellung zur Voraussetzung hatte, als Beispiel dafür benutzt habe, wie eine Definition logisch nicht beschaffen sein dürfe. Im Zusammenhange damit wäre es von Interesse, die Art, wie Grote den Gedanken der Ganzheit des Individuums und die Ganzheitsbezogenheit mit dem Gedanken der Gesundheit in Verbindung setzt, mit dem zu vergleichen, was Hartmann im biologischen Sinne über Ganzheit ausführt, und vor allem auf die Betonung Grotes hinzuweisen, daß die Ganzheitsbezogenheit des Gesundheitsgedankens diesen zwar geradezu unwissenschaftlich und doch spezifisch ärztlich wichtig erscheinen läßt. Zu der Auffassung: „Die Krankheit beginnt also da, wo das bewußte oder unbewußte Leistungsbild nicht mehr dem entspricht, welches sie darbieten kann", drängt sich mir freilich die Frage auf: Wie steht es dann mit dem Altern? Ist dann die biologische Erscheinung des Alterns nicht selbst eine Krankheitserscheinung? Vielleicht kommt diese Frage dem medizinischen Fachmann sehr laienhaft vor, und sie ist es gewiß auch. Aber unter jene Bezeichnung des Krankheitsbeginns müßte auch der Beginn des Alterns fallen. Indes wird es den Mediziner, der sein Arbeitsgebiet bewußt unter Gesichtspunkten des allgemeinen kulturgeschichtlichen Entwicklungszusammenhanges betrachtet, vielleicht psychologisch interessieren, daß ich auf dem Lande, auf dem ich einen großen Teil meiner Jugend verlebt habe, sehr oft mit fast sprichwortartiger Wiederholung die Wendung hören konnte: „Das Alter ist an sich selber schon eine Krankheit." In dieser Wendung liegt auch ein Beitrag zum Kapitel „Laienmedizin".

Indes, ich bin schon ausführlicher geworden, als einem medizinischen Laien ziemt. Und doch bietet die Abhandlung neben alledem, was jenseits des Laientums liegt, auch in ihrer Weiterführung noch vieles, das auch für den Nichtmediziner von Wert und Bedeutung ist. Selbst in dem dem Nichtfachmann fernliegenden Problem der Diagnose, vor allem aber in den methodologischen Untersuchungen zur Therapie erheben sich Fragen, wie die nach dem Verhältnis von Kausalität als Forschungsprinzip und Finalität in der Therapie, die für das Weltbild der Medizin charakteristisch und zugleich von allgemeinster Bedeutung sind, wie die psychologischen Fragen, die in die Untersuchung einbezogen werden, und die Fülle der Fragen, die sich für die Gesinnung des Arztes erheben, ebenso von psychologischem, wie allgemein kulturellem, wie speziell auch von ethischem Interesse sind. Kurz, dieses Interesse wird vom Anfang bis zum Ende der Abhandlung wachgehalten und von reicher Anregung begleitet.

Wenn ich zum Schluß über „Das Weltbild der Technik", das hier Heidebroek umreißt, berichte, so muß ich über meine Stellung an das erinnern, was ich zu Beginn des zweiten Teils meines Referates bemerkt

habe, damit ich mich nicht unnötig wiederhole. HEIDEBROEK kennzeichnet die Technik bildlich als die Brücke, die den Strom des Lebens auf zwei Grundpfeilern überspannt: die Naturwissenschaften auf dem einen, die Wirtschaft auf dem anderen Ufer. Aus jenen gewinnt sie ihre wissenschaftlichen Grundlagen, aus dieser ihre Ziele und Aufgaben, so daß sie selbst nicht allein Wissenschaft, sondern auch Kunst ist. So glücklich dieses Bild zur Veranschaulichung ist, so läßt es doch die später vom Autor gelegentlich betonte autonome Eigenbedeutung der Technik nicht recht hervortreten, die EBERHARD ZSCHIMMER in seiner „Philosophie der Technik" mit besonderer Eindringlichkeit kulturphilosophisch herausgearbeitet hat. Daß die Technik von ihren naturwissenschaftlichen Grundlagen aus in alle Gebiete des Lebens der menschlichen Gesellschaft eingreift, betont HEIDEBROEK mit Recht von vornherein. Darum ist ja auch jedes menschliche Lebensgebiet und jeder einzelne Mensch auf seinem Gebiete an ihr aufs lebhafteste interessiert. In vier Hauptteilen entwickelt der Verfasser seine Gedanken.

Im ersten Teile handelt er von der „Technik in der Menschheitsgeschichte" 1. als Kriegstechnik, 2. als gewerbliche Technik, 3. als Verkehrstechnik. In grandiosen Formen weiß er uns den Einfluß der Technik auf die Geschichte darzustellen und zugleich ebenso grandiose, in ihrer Großartigkeit aber auch oft erschütternde Perspektiven zu eröffnen. Der Hinweis auf den Weltkrieg, auf die Erfindung der Buchdruckerkunst, die Flugtechnik, auf den Telegraphen, den Rundfunk, die Lichtbildtechnik im Bild- und Tonfilm u. v. a. gibt die schärfsten Illustrationen der Bedeutung der Technik für die Zivilisation mit ihren ebenso kulturaufbauenden wie kulturzerstörenden Wirkungen.

Das Verhältnis der Technik zu den Naturwissenschaften vergleicht HEIDEBROEK dem der Medizin zur reinen Forschung als solcher. Die grundlegende Bedeutung der naturwissenschaftlichen Erkenntnis für die Technik hat zur Folge eine gewisse Parallelität in der Entwicklung beider Gebiete. Auf der anderen Seite aber hat die Technik eine durch ihre praktische Anwendung bestimmte Aufgabe. Sie ist eben, wie der Verfasser von vornherein betont hat, und wie nun gerade seine Darstellung des Verhältnisses von Technik und Naturwissenschaften zeigt, nicht eben nur Wissenschaft, sondern auch Kunst. Gerade besonders großartige Schöpfungen der Technik sind in ihren ersten Phasen ohne ausreichend gesicherte wissenschaftliche Grundlagen entstanden, und erst im Anschluß an den ersten schöpferischen Entwurf freier Erfindungskraft setzt die wissenschaftliche Sicherung des aus der Intuition Geborenen ein. Wie die gestaltende Phantasie und Intuition großer Ingenieure und Erfinder der wissenschaftlichen Zeitlage oft vorauseilen, dafür verweist der Verfasser auf die alte Ikarussage, LIONARDO DA VINCI, STEPHENSON, WERNER VON SIEMENS usw. Der Laie denkt bei dem Verhältnis von Technik und Naturwissenschaften in erster, ja vielleicht in einziger Linie an Physik und Chemie. Da ist es für ihn von besonderem Interesse, wenn er nun darauf hingewiesen wird, in wie engerem Zusammenhange die Technik auch mit der organischen Natur steht, und daß HEIDEBROEK für die Zukunft eine immer engere Einbeziehung des Studiums der Biologie, besonders nach seiten der Chemie fordert; nicht freilich in dem Sinne, daß die Biologie für die Technik eine solche wissenschaftliche Grundlegung wie Physik und Chemie abgeben könnte, sondern in dem Sinne, daß die organische Natur selber der Technik als Vorbild dienen kann und dienen muß. Auf den Vogelflug, die Bewegungen von Fischen und Insekten u. v. a. wird in diesem Zusammenhange hingewiesen und betont, daß in der Tat viele Ingenieure „bewußt bei ihren Schöpfungen Vorgänge in der Natur nachgebildet haben".

Wenn sich nun HEIDEBROEK im zweiten Teil seiner Untersuchung dem Verhältnis von Technik und Wirtschaft zuwendet, so stellt er von vornherein fest, daß, so sehr man die Technik auch als Kunst ansprechen mag, doch das technische Werk nicht wie das Kunstwerk einen Bestand für sich hat, sondern in unaufhebbarer Beziehung mit der Wirtschaft verflochten ist. Es wird „emporgehoben oder unterdrückt, je nachdem die wirtschaftlichen Möglichkeiten es verlangen". Das bedeutet freilich nicht, daß der technische Fortschritt als solcher allein aus der Wirtschaft seine Anregung empfange. Die schöpferische Tat ist und bleibt das Primäre, die wirtschaftliche Anwendung das Sekundäre. Aber einmal aus der Tat ihres Schöpfers geboren, bleibt die technische Schöpfung doch an den „wirtschaftlichen Wirkungsgrad", an das „Verhältnis von Aufwand und Ertrag" gebunden. Von hier aus schreitet die Untersuchung in lehrreicher Weise fort zur Besprechung des technischen Entwicklungsprozesses in seinem ungeregelten sprunghaften Verlauf, den Schwierigkeiten, Widerständen und Gefahren, die jeder technische Fortschritt heraufführt, dem gegensätzlichen Verhältnis von Produktionsmittelindustrie und Verbrauchsgüterindustrie, den Beziehungen von Technik und Kapital, einer Fülle von schwierigen Fragen, die sich gerade aus der Zusammenarbeit von Technik und Wirtschaft in der Industrialisierung der Welt ergeben, und für die eine befriedigende Lösung nicht gefunden ist. Der ganze Ernst der Problemsituation kann einem am deutlichsten daran werden, daß der Verfasser auf der einen Seite wohl mit Recht mit „einer längeren Periode des Rückschlags" rechnet und auf der anderen Seite ebenso richtig mit der Vergrößerung der Aufgaben auch die Schwierigkeiten wachsen sieht.

Wie wenig aber darum der Verfasser einem verzagten und verzweifelten Kulturpessimismus verfällt, das zeigen gerade die Ausführungen des letzten Abschnittes über „Mensch und Technik". Gewiß treten uns gerade auch hier der tiefe Ernst und das volle Bewußtsein der sozialen und kulturellen Not unserer Zeit entgegen. Aber die Vorwürfe, die im Zusammenhange mit der „Mechanisierung", „Monotonisierung" der Arbeit, ihrer „Entseelung", mit der Entpersönlichung und Kollektivierung und Vermassung des Lebens gegen die Technik gerichtet werden, weist HEIDEBROEK mit vollem Recht zurück. Auch hier handelt es sich, wie er im Zusammenhange mit einem anderen Beispiele, dem der Nachrichten- und Vervielfältigungstechnik, zeigt, nicht um eine „Schuld der Technik, sondern der Menschen, die dieses Instrument nicht spielen können". Ganz ausgezeichnet ist darum seine gerade der Überzeugung eines weiten Kreises der Techniker entsprechende Forderung, daß sich auch in der technischen Arbeit Logos und Ethos zu verbinden haben. Wenn HEIDEBROEK einmal mit berechtigtem Bedauern betont, daß heute über technische Dinge soviele Leute reden, die nichts davon verstehen, so sollten Laien dem Fachmann, der eben sein Fach versteht, dafür besonders dankbar sein, daß er aus dem Ernste fachmännischer Gründlichkeit und zugleich verantwortungsbewußten Menschentums über sein Fach in äußerst lehrreicher und verständlicher Weise gesprochen hat. Das ist jedenfalls das Gefühl, mit dem ich als Laie von seinen Ausführungen Abschied nehme.

Wenn ich zum Schluß noch einmal auf das Werk als Ganzes zurückblicken darf, möchte ich sagen: Ich bin mir zu diesem Schluß genau so, wie am Anfang, bewußt, daß ich ebensowenig, wie sonst irgendein heute lebender Mensch, die Anmaßung hegen dürfte, den gewaltigen fachwissenschaftlichen Stoff, der in diesen

Abhandlungen verarbeitet ist, zu beherrschen und kompetent zu beurteilen. Aber das ist das Bedeutungsvolle dieses Werkes, daß jeder seiner Beiträge über sein Fach hinaus auf das Ganze des naturwissenschaftlichen Weltbildes hinweist, so daß sie unter diesem allgemeinen Gesichtspunkte zugleich innere Einheit und Zusammenhang gewinnen. Dieses „naturwissenschaftliche Weltbild" bleibt zugleich bewahrt vor jedem billigen und leichtfertigen Welträtselraten, weil uns überall auch das ernste Verantwortungsbewußtsein von den Grenzen wissenschaftlicher Leistung und echte Ehrfurcht vor den Problemen begegnet. Wer aber überhaupt das „Weltbild" nicht durch seine bloße Fachbrille, es sei, welche es wolle, betrachten will, der kann in der heutigen allgemeinen Kulturlage gerade an dem Anteil, den die Naturwissenschaften durch ihre Leistung daran gewonnen haben, nicht achtlos vorbeigehen und vorbeisehen. Und ihm werden diese Vorträge reiche Anregung und Förderung bieten, jedem Fachmann über sein eigenes hinaus in dem Sinne, in dem sie eben hier zum Ganzen verknüpft sind.

B. Bauch, Jena.

MIE, GUSTAV, **Naturwissenschaft und Theologie.** Die Arbeit ist ursprünglich in der Zeitschrift „Die Christliche Welt" **1931**, Nr 22 und 23 (Leopold Klotz Verlag, Gotha) erschienen, jetzt als separate Broschüre. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1932. 39 S. 13×20 cm. Preis RM. 2.—.

Den Angelpunkt, um den sich der Gedankengang des Verfassers dreht, bildet die Frage: „Ob wir mit den objektiven Methoden der Experimentalwissenschaften, die alles Subjektive ausschalten, über die Wirklichkeit auch die volle Wahrheit erfahren?" (S. 22). Er antwortet: Nein, denn erstens hat Kant den Nachweis geführt, „daß wir gerade um objektiv urteilen zu können, von vornherein gewisse Prinzipien unseres ordnenden Verstandes in das Weltbild heineintragen, beispielsweise das Kausalitätsprinzip" (S. 22). Zweitens aber ist für ihn Wahrheit „ein metaphysischer Begriff" (S. 26), und dies beruht darauf, daß zu ihrer Entdeckung ein „höchst rätselhaftes und unerklärliches Vermögen des Geistes, die Wahrheit zu durchschauen, nötig ist, welches Kant Urteilskraft nennt. Sie ist ein göttliches Geschenk, das dem Menschen gegeben wird und das er sich nicht erarbeiten kann" (S. 27). „Ein logisches oder mathematisches Kriterium (der Wahrheit) gibt es nicht" (S. 29). Ein gewisses inneres Licht erlaubt erst „Dinge klar und nüchtern — was dasselbe ist wie: sittlich — zu beurteilen" (S. 29).

So folgernd, sucht der Verfasser Zuflucht vor seinen erkenntnistheoretischen Sorgen in der Theologie, und zwar unter reichlichen Bibelzitaten und Sätzen wie: „Um überhaupt lebensfähig zu bleiben, muß sie (d. h. die Naturwissenschaft) notwendigerweise den Glauben an Gott, welchen die Theologie lehrt, übernehmen in der Form des Glaubens an eine objektive Wahrheit und an eine den Dingen innewohnende Vernunft" (S. 37). Oder: „Von Ungeduld verzehrt, verläßt er den Boden der Wahrheit und der objektiven Wirklichkeit. Er bildet sich ein, seltsame, tiefliegende Verflechtungen in dem natürlichen Geschehen zu entdecken. Er gaukelt sich Erfolge vor, die ihm seine fabelhaften Erkenntnisse verschaffen, Erfolge, die nur in seiner überhitzten Phantasie bestehen. Was ich hier geschildert habe, nennt man Zauberei" (S. 37).

Wie man sieht, bringt dieses Büchlein nicht viel Neues, weder zur Geschichte des Streites zwischen der Vernunft und dem Glauben, noch zur Erkenntnistheorie selbst. Der Verfasser nimmt seine Sorgen sicher ernst und gewissenhaft. Was sollen wir aber unter „volle Wahrheit" verstehen? Soll es die vollständige Summe aller möglichen Erkenntnisinhalte über eine Frage bedeuten? Dann ist die volle Wahrheit überhaupt nicht bei der Naturwissenschaft zu suchen, denn die Naturwissenschaft begrenzt ihr Gebiet, sie sucht ja nur mit Hilfe bestimmten Denkstiles und bestimmter Methoden gewisse Relationen festzustellen. Die Begriffe des Subjektiven und Objektiven haben in der Naturwissenschaft die Bedeutung des individuell Gültigen und des allgemein oder kollektiv Gültigen, nicht etwa des Trügerischen und des reell Existierenden.

Man stimmt gerne der Erkenntnis bei, daß bei der Entdeckung und Bewahrheitung wichtiger Beziehungen oft ein noch unerklärtes und bis jetzt rätselhaftes Vermögen des Forschers eine wichtige Rolle spielt. Aber weshalb sollten wir sofort verzagen und Hilfe in einer mystischen Intuition oder gar Inspiration suchen, anstatt gründlich und ruhig, wissenschaftlich diese Tätigkeit zu untersuchen? Ich glaube nicht, daß mit Sätzen: „Der menschliche Geist ist ein Organismus, der in dem ewigen Weltgeist wurzelt" viel geholfen wird (S. 3). Psalmenzitate, auch wenn drei aufeinanderfolgen (S. 20 und 21), bilden heute keine besonders starken Beweise.

Man müßte noch einige evidente Irrtümer berichtigen, die sich in dem Aufsatze von Mie befinden. Es entspricht nicht der geschichtlichen Tatsache, daß erst in den letzten hundert oder hundertundfünfzig Jahren „die geistige Kultur, wozu auch die Sittlichkeit und die Kunst jeder Gattung zu rechnen ist, sich von der Kirche ablösten und ein selbständiges Leben zu gewinnen suchten. Heute sieht man mit erschrecklicher Deutlichkeit, was sich daraus ergeben hat" (S. 5). Wir wissen im Gegenteil, daß im Zeitalter der Aufklärung (18. Jahrhundert), wie auch im 17. Jahrhundert oder 16. Jahrhundert, bereits kein rechter Zusammenhang zwischen Kunst oder Wissenschaft und Kirche bestand. Wir müßten nicht 150 Jahre, sondern etwa 600 Jahre zurückgreifen, um in ein, freilich nicht erfreuliches, Zeitalter der kirchlichen Supremation über die Kulturwerte der Menschheit zu gelangen.

Mie befaßt sich auf vollen zwei Seiten mit mir (S. 31 und 32) und bezichtigt mich wegen meines erkenntnistheoretischen Standpunktes des Atheismus. Diese Bezeichnung ist irrtümlich, da ich mich mit theologischen Fragen überhaupt nicht befasse. Meine ganze Arbeit hat nur den Zweck, die Begriffe des Objektes und des Subjektes sowie des Erkennens und Seins etwas umzuformen, um dieselben nützlicher zu machen. Freilich wird dadurch manches komplizierter, besonders bis man sich daran gewöhnt, es wird aber sicher nicht sittlich schlimmer.

Ludwik Fleck, Lwów-Polen.

Berichtigung zu dem Aufsatz (Heft 22/24, S. 381): ***Der Neurograph, ein Apparat zur Aufzeichnung bioelektrischer Vorgänge unter Ausschaltung der photographischen Kurvendarstellung.*** Herr H. Baumann, Freiburg, macht darauf aufmerksam, daß eine ähnliche direkt aufzeichnende Registrier-Einrichtung von Duchosal in französischen Veröffentlichungen bereits beschrieben wurde[1]. Duchosal macht die Herzaktionsströme hörbar, indem er sie mit einem Summer in tonfrequente Einzelstromstöße zerlegt, dann verstärkt und auf einen Lautsprecher gibt. Die Einzelstromstöße in Tonfrequenz (etwa 500 Hertz) können statt dessen auch in einem Endrohr gleichgerichtet und so zur Bewegung einer tintegefüllten Glasfeder benutzt werden[2]. J. F. Tönnies, Berlin-Buch.

[1] P. Duchosal, C. r. Soc. Biol. Paris **99** (1928). [2] P. Duchosal et R. Luthi, Arch. Mal. Coeur Dez. 1929.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.